

INFLUENCIA DEL USO DEL AGUA DE LLUVIA DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ Y
BARRANQUILLA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS
HIDRÁULICOS FABRICADOS

Joiser Sanchez Chavez



Proyecto para Optar al Título Profesional en Ingeniería Civil

Universidad de la Costa

Departamento de Ingeniería Civil

2021

INFLUENCIA DEL USO DEL AGUA LLUVIA DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ Y
BARRANQUILLA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS
HIDRÁULICOS FABRICADOS

Joiser Sanchez Chavez

Tutor

Daniel Enrique Abudinen Ordoñez

Cotutor

Heidis Patricia Cano Cuadro

Proyecto para Optar al Título Profesional en Ingeniería Civil

Universidad de la Costa

Departamento de Ingeniería Civil

2021

Contenido

Lista de tablas y figuras.....	4
1. Introducción.....	11
2. Planteamiento del problema	12
3. Justificación.....	13
4. Objetivos	16
5. Marco referencial.....	17
5.1. Marco teórico	17
5.2. Caracterización de las aguas: norma ntc 3459	20
5.3. Propiedades físico químicas de las aguas lluvias	22
5.4. Morteros.....	28
5.4.1. Tipos de morteros	28
6. Marco normativo nacional sobre el uso del agua	33
7. Marco geográfico	34
8. Estado del arte.....	36
9. Metodología.....	42
9.1. Captación de aguas	42
9.2. Caracterización de las aguas captadas	44
9.3. Diseño de mezcla.....	45
9.4. Arena	46
9.5. Caracterización de las aguas	49
9.6. Ensayos de resistencia a la compresión de los cubos de mortero (norma ntc – 220).....	53
10.6.1. Elaboración de los especímenes de cubos de mortero.....	53
9.6.2. Curado de los cubos de mortero	53
10.6.3. Fallo de la resistencia a la compresión de los especímenes de cubos de morteros	53
10. Análisis de resultados	55
10.1. Análisis de la calidad de las aguas	55
10.2. Análisis de la resistencia a la compresión obtenida.....	59
De acuerdo a los datos obtenidos en resistencia a la compresión de los municipios de Galapa (11,27 MPa) y La Mesa (11,97 MPa) (ver	63
10.3. 10.2.1. Error porcentual.....	64
10.4. Influencia de la calidad del agua en la resistencia a la compresión de morteros fabricados	65

11.	Conclusiones	66
12.	Referencias.....	68
13.	Anexos	71

Lista de tablas

Tablas

Tabla 1. Valores exigidos por la norma sobre la caracterización de las aguas. Fuente (Decreto-2511-Min.ambiente, 2007) - (NTC.3459).....	20
Tabla 2. Clasificación De Las Aguas Lluvia. Fuente: (Ideam, 2007).....	23
Tabla 3. Clasificación de mortero de pega para mampostería simple según (Astm C270,2007)..	31
Tabla 4. Ensayos para realizar en la caracterización de las aguas en el proyecto. Fuente: (Elaboración propia).....	44
Tabla 5. Cantidades de materiales para la elaboración de especímenes según cantidad. Fuente: (NTC.220)	45
Tabla 6. Dosificación de materiales para los 48 cubos de morteros. Fuente (Elaboración propia)	45
Tabla 7. Ficha técnica de la resistencia a la compresión suministrada por la empresa argos. Fuente: (Argos, 2018).....	46
Tabla 8. Requerimientos de la norma INVE 323 para cubos de morteros. Fuente: (INVE323-07, 2013)	46
Tabla 9. Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos. Fuente: (Elaboración propia).....	47
Tabla 10. Nombres de los aparatos utilizados para la caracterización de las aguas. Fuente: (Elaboración propia).....	49

Tabla 11. Resultados promedio de la caracterización de las aguas lluvias y agua apta para mortero del municipio de Galapa atlántico y la Mesa Cundinamarca, en los laboratorios de la universidad de la costa CUC. Fuente (Elaboración propia).	58
Tabla 12. Resultado de ensayo a la compresión de morteros fabricados con agua de grifo y agua lluvia para morteros del municipio de Galapa - Atlántico. Fuente: (Elaboración propia).	59
Tabla 13 Clasificación de la desviación estándar según. Fuente: (ACI 214)	60
Tabla 14. Resultado de ensayo a la compresión de morteros fabricados con agua de grifo y agua lluvia para morteros del municipio de la Mesa Cundinamarca. Fuente: (Elaboración propia).	60
Tabla 15. <i>Comparación porcentual de la resistencia a la compresión del municipio de Galapa y La Mesa. Fuente (Elaboración propia)</i>	64

Lista de figuras

Figuras

Figura 1. Probabilidades de precipitación en el municipio de la Mesa, Cundinamarca. Fuente: Ideam, 2019.	14
Figura 2. Porcentaje de precipitaciones y lluvias anualmente en el municipio de galapa atlántico en la ciudad de barranquilla. <i>Fuente: Ideam, 2019</i>	15
figura 3. Esquema del cemento en el proceso de hidratación. Fuente: Gambini, 2011.	19
Figura 4. Fuentes y receptores de la lluvia ácida. Fuente: Ideam, 2007.	24
Figura 5. Compluvium en viviendas, Roma. Fuente: (Liria, 2012).	25
Figura 6. Torre Hearst, Nueva York. Fuente: (Lira, 2012.)	27
Figura 8. Precipitación mensual en el municipio de la mesa Cundinamarca. Fuente (Ideam, 2007).	36

Figura 9. Captación de agua lluvia y agua apta para mortero en el municipio la Mesa Cundinamarca. Fuente (Elaboración propia)	43
Figura 10. Captación de aguas lluvias y agua apta para mortero en el municipio de Galapa Atlántico. Fuente (Elaboración propia)	43
Figura 11. Porcentaje que pasa vs tamaño de los agregados de la tierra usada. Fuente: (Elaboración propia).	48
Figura 12. Límite superior e inferior y su curva granulométrica. Fuente: (Elaboración propia). .	48
Figura 13. Aparatos del laboratorio utilizados para la caracterización de las aguas. Fuente (Elaboración propia).....	50
Figura 14. Elaboración de especímenes en las instalaciones del laboratorio Seotec. S.A.S. Fuente:(Elaboración propia)	54
Figura 15. Curado de los cubos de morteros en las instalaciones de Seotec S.A.S. Fuente (Elaboración propia).....	54
Figura 16. Rotulación y ensayo de los cubos de morteros en las instalaciones del laboratorio Seotec. S.A.S. Fuente (Elaboración propia)	55
figura 17. Comparación de la resistencia media del agua potable y agua lluvia de la ciudad del municipio de galapa por edad de curado. Fuente: (elaboración propia).	63
Figura 18. <i>Comparación de la resistencia media del agua potable y agua lluvia del municipio de la mesa Cundinamarca. Fuente: (Elaboración propia)</i>	63

Anexos

Anexo 1. Valores obtenidos sobre la resistencia a la compresión del municipio de galapa atlántico. Fuente (Elaboración propia).	71
Anexo 2. Valores obtenidos sobre la resistencia a la compresión del municipio de la mesa Cundinamarca. Fuente (Elaboración propia).	72
Anexo 3. Caracterización de las aguas lluvias de la ciudad de Barranquilla. Fuente: (Elaboración propia)	73
Anexo 4. Caracterización de agua apta para mortero del municipio de galapa atlántico en la ciudad de Barranquilla. Fuente: (Elaboración propia)	73
Anexo 5. Caracterización de las aguas lluvias del municipio de la mesa Cundinamarca. Fuente: (Elaboración propia).	74
Anexo 6. Caracterización de agua apta para mortero del municipio de la mesa Cundinamarca. Fuente: (Elaboración propia)	74
Anexo 7. Certificado de calibración de la maquina en el laboratorio Seotec S.A.S.	75
Anexo 8. Resultado de laboratorio de la resistencia a la compresión basado en la norma (NTC.220) de la ciudad de barranquilla.....	76
Anexo 9. Resultado de laboratorio de la resistencia a la compresión basado en la norma (NTC.220) del municipio de la mesa Cundinamarca en la ciudad de Bogotá.	77
Anexo 10. Envío de agua apta para mortero y agua lluvia desde la ciudad de Bogotá a Barranquilla	78
Anexo 11. Empacado y embalaje de la captación de los 2 tipos de agua del municipio de la mesa desde la ciudad de Bogotá.....	79
Anexo 12. Envío de informes por parte de laboratorios Seotec S.A.S.	80

Resumen

La industria de la construcción es una de las principales fuentes contaminantes del planeta, dentro de la cual está inmerso el uso del agua potable como material indispensable en los procesos constructivos, en especial en la fabricación del concreto y del mortero. La actividad edilicia no solo es consumidora de recursos naturales, sino también generadora de algunos de los problemas ambientales actuales, como los altos índices de CO₂, falta de agua en las regiones apartadas de Colombia. Es por esto que se considera que es hora de implementar alternativas de construcción de menor impacto ambiental. Este proyecto, tiene como objeto medir el efecto del uso de las aguas lluvias recolectadas en las ciudades de Bogotá y Galapa, sobre la resistencia a compresión del mortero hidráulico. Para tal fin, se elaboraron cubos de mortero de prueba con aguas lluvias y se compararon con cubos de mortero con agua apta para mortero hidráulico de ambas ciudades. Los materiales usados en esta investigación se analizaron en el laboratorio según las normas técnicas colombianas NTC.220 y NTC.3459. Se elaborarán 48 cubos de mortero de prueba con agua lluvia y con agua de grifo para mortero hidráulico respectivamente. Todos los cubos de mortero se fallaron a compresión y se observó que la utilización de las aguas lluvias no presenta una gran influencia en la resistencia a la compresión, su variabilidad no supera el 10% en comparación con el agua de grifo para morteros hidráulicos. La resistencia a la compresión promedio total utilizando las aguas lluvias obtenida en los municipios de Galapa - Atlántico y la mesa Cundinamarca fue de (11,27 MPa y 11,97 MPa respectivamente) y la resistencia a la compresión promedio total utilizando el agua de grifo para mortero hidráulico obtenida en los municipios de la mesa - Cundinamarca y de Galapa - Atlántico fue de (13,28 MPa y 12,25 MPa respectivamente). La variabilidad de los resultados puede deberse a los niveles de pH y la presencia de sólidos totales que presento el agua lluvia en su caracterización.

Palabras clave: aguas lluvias, mortero hidráulico, ensayo a la compresión, cubos de morteros

Abstract

The construction industry is one of the main polluting sources on the planet, within which the use of drinking water is immersed as an indispensable material in construction processes, especially in the manufacture of concrete and mortar. Building activity is not only a consumer of natural resources, but also a generator of some of the current environmental problems, because is consider that it is time to implement construction alternatives with less environmental impact. This project aims to measure the effect of the use of rainwater collected in the cities of Bogotá and Galapa on the compressive strength of hydraulic mortar. For this purpose, test mortar buckets with rainwater are made and compared with mortar buckets with water suitable for hydraulic mortar from both cities. The materials used in this research were analyzed in the laboratory according to the Colombian technical standards NTC.220 and NTC.3459. 48 test mortar buckets will be made with rainwater and tap water for hydraulic mortar respectively. All mortar cubes failed under compression and it was observed that the use of rainwater does not have a great influence on compressive strength, its variability does not exceed 10% compared to tap water for hydraulic mortars. The total average compressive strength using rainwater obtained in the municipalities of Galapa - Atlántico and the Cundinamarca table was (11.27 MPa and 11.97 MPa respectively) and the total average compressive strength using tap water for hydraulics mortar obtained in the municipalities of La Mesa - Cundinamarca and Galapa - Atlántico was (13.28 MPa and 12.25 MPa respectively). The variability of the results may be due to the pH levels and the presence of total solids that the rainwater presented in its characterization.

Keyword: Rainwater, hydraulic mortar, compression test, mortar buckets

1. Introducción

La ingeniería civil es un área que brinda soluciones a problemáticas y necesidades en una sociedad. Contribuye al crecimiento, desarrollo y mejora de la infraestructura civil, por lo que es necesario ir de la mano con los avances y estudios que la ingeniería civil representa, como lo son los materiales que se emplean para el proceso de fabricación del mortero hidráulico.

El mortero hidráulico está constituido por diferentes materiales (agua, cemento y arena), debidamente dosificados y mezclados, que al interactuar entre sí forman elementos resistentes y duraderos.

El agua es uno de los recursos más importantes en la elaboración del mortero, debido a su desempeño en estado fresco y endurecido. Este insumo se puede encontrar en diferentes fuentes cuyas características tienen un efecto relevante en la calidad del mortero, como por ejemplo las aguas lluvias. Ésta es una fuente de agua de fácil acceso desde cualquier parte del país y que fácilmente podría satisfacer la demanda de elaboración de morteros y concretos, pero, este tipo de agua carece de estudios para su utilización. La fabricación del mortero hidráulico con aguas lluvias, sería un gran aporte a la disminución del impacto ambiental generado por el área constructiva, ya que es uno de los materiales más usados en esta actividad, que además de cemento y arena, requiere un agua que cumpla con la norma establecida en la (NTC.3459), lo que implica la realización de costosos procesos químicos, además el sometimiento a los ecosistemas que se han visto muy afectados a causa del CO₂.

En cuanto al estudio de los materiales, este trabajo pretende validar científica y experimentalmente el uso del agua de lluvia para la fabricación de morteros, y así mismo caracterizar físico químicamente las aguas utilizadas. Aunque ésta es empleada actualmente en

los lugares de difícil acceso del agua, no cuenta con los datos estadísticos y científicos que puedan confirmar su empleo.

2. Planteamiento del problema

El agua es una de las materias primas fundamentales en la fabricación de morteros y concretos. Éste fluido, al entrar en contacto con el cemento, inicia el proceso de hidratación en el cual mediante distintas reacciones químicas se desarrollan las fases del cemento, desencadenando una reacción química exotérmica. El producto final es un material con propiedades físicas y químicas aptas para la construcción.

Por lo general, el agua utilizada para la elaboración de mortero es el agua potable. Dentro de este recurso hídrico podemos encontrar elementos que pueden ser perjudiciales para los morteros hidráulicos como sales, materiales orgánicos, ácidos o aceites, (NTC.3459), además de que su uso tiende a ser poco amigable con el medio ambiente. En algunas regiones del país no se cuenta con el acceso a este recurso hídrico y es ahí cuando se corre el riesgo de utilizar aguas de calidad desconocida, las cuales no son usualmente estudiadas para su empleo en la elaboración del mortero hidráulico. Es por ello que surge la necesidad de conocer las características propias de las aguas lluvias y su influencia sobre la fabricación de morteros. Si bien, es conocido que estos se elaboran con diferentes grados de manejabilidad, velocidad de fraguado, apariencia, resistencia, etc., teniendo claro que todas sus propiedades se deben garantizar cuidando la calidad de los componentes del mortero.

Por otro lado, en Colombia hay muchos sectores del país donde las redes de abastecimiento de agua potable aún no han sido ejecutadas o no funcionan, lo que genera sobre costos al momento de hacer obras civiles, ya sea para la comunidad u obras de uso propio (DNP, 2014,

p.). Es allí donde se pretende sacar provecho de este recurso hídrico como lo es el agua lluvia para poder satisfacer la demanda de agua para la ejecución de obras civiles y tratar de disminuir costos en proyectos que por falta de agua incrementan el costo total.

Al manipular unos de los componentes que regula la consistencia y la resistencia del mortero, por las aguas lluvias, se maneja la hipótesis de que las propiedades del mortero, en este caso, su comportamiento mecánico, principalmente la resistencia a la compresión, no presenten variaciones negativas.

De acuerdo con lo anterior se formula la siguiente pregunta de investigación.

¿Podemos obtener las mismas cualidades del mortero hidráulico convencional, reemplazando agua de grifo para morteros, por aguas lluvias de los municipios de la mesa Cundinamarca en la ciudad de Bogotá y en el municipio de Galapa Atlántico en la ciudad de Barranquilla?

3. Justificación

El agua es el recurso más importante con que cuentan los seres vivos en la tierra. Se estima que su consumo ha crecido el doble con respecto a la población mundial y en algunas zonas este recurso es deficiente y en algunos casos inexistentes (Soler, 2020). La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, muestran la probabilidad diaria de precipitación de la ciudad de la Mesa -Cundinamarca y Galapa, respectivamente, según el IDEAM, se observa que se pueden aprovechar estos periodos de lluvia (marzo – mayo / octubre – diciembre, respectivamente), para buscar generar un ahorro en el sector constructivo y el aprovechamiento de este recurso hídrico para las actividades del mismo, con lo que se estará contribuyendo a la conservación del medio ambiente.

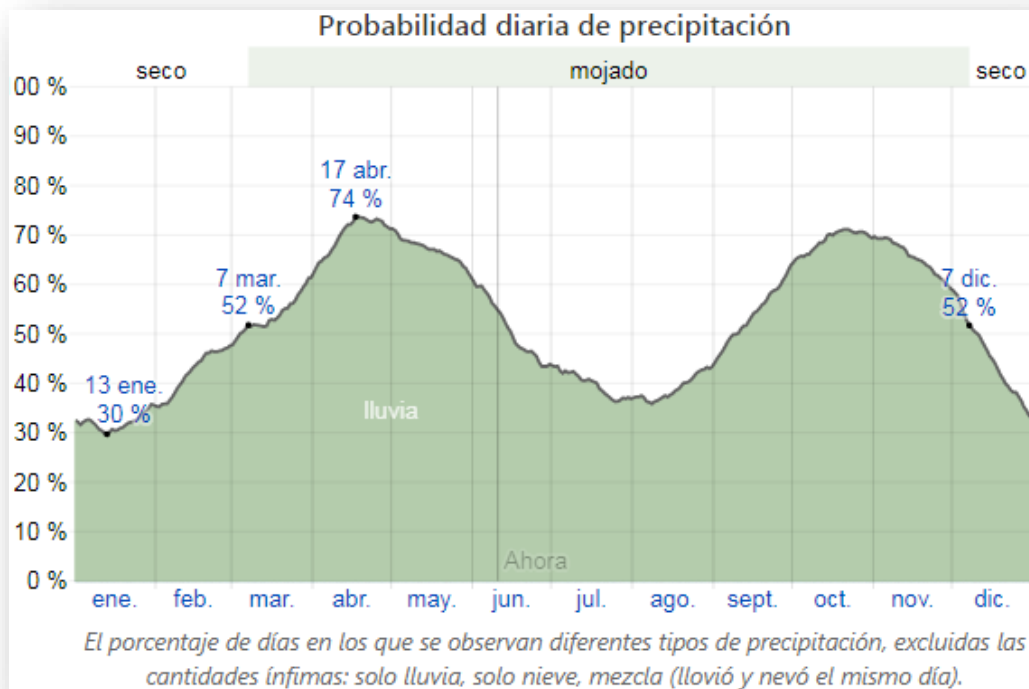


Figura 1. Probabilidades de precipitación en el municipio de la Mesa, Cundinamarca. Fuente: Ideam, 2019.

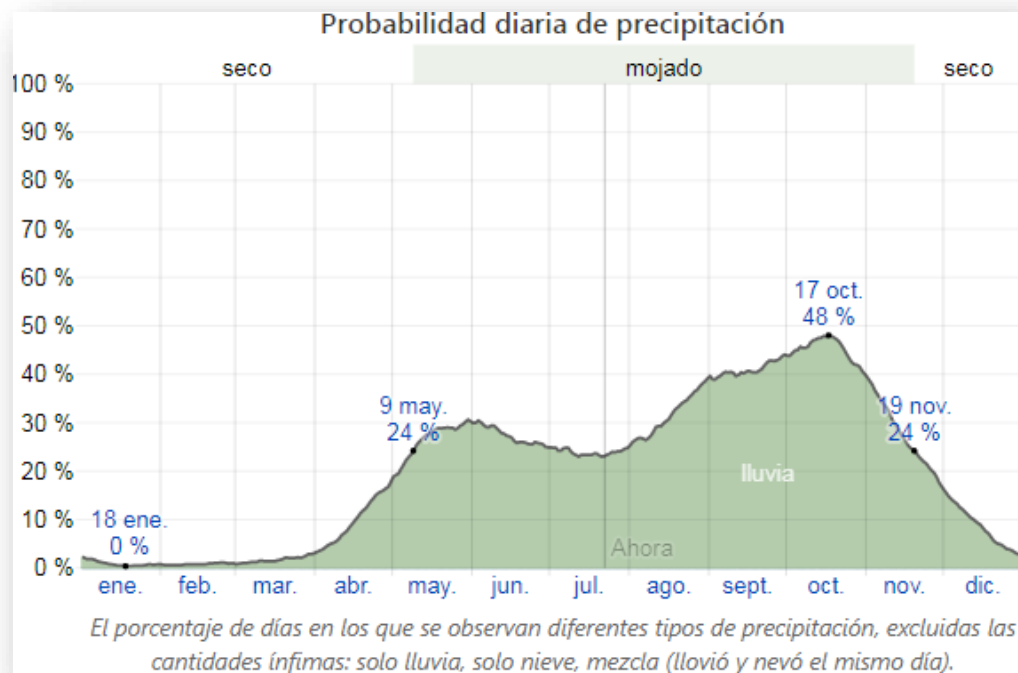


Figura 2. Porcentaje de precipitaciones y lluvias anualmente en el municipio de galapa atlántico en la ciudad de barranquilla. Fuente: Ideam, 2019.

Por otro lado, es de destacar que, en nuestro planeta, del total de los recursos hídricos, el agua dulce solamente representa el 2,5 %. Estos 2,5 % están distribuidos en un 68,7 % en glaciares, 30,1 % en aguas subterráneas, mientras que sólo un 0,8 % aflora en aguas superficiales (Unesco Alice Franek, 2015). Actualmente, la Organización de las Naciones Unidas estima que la cuarta parte de la población mundial carece de agua potable y que esta proporción se duplicará dentro de veinte años debido al calentamiento global y a su acelerado crecimiento.

Es por eso que uno de los problemas más graves que deberá enfrentar el mundo, es la escasez de agua potable en los próximos años (Lira, G., 2012, p.p. 79 - 98).

Es de destacar que el uso de recogidas y aprovechamiento de aguas pluviales ha sido esencialmente minoritario. Reutilizar las aguas lluvias de las ciudades de Barranquilla y Bogotá, para uso en el sector constructivo y conocer la caracterización fisicoquímica de las mismas en es

el objetivo de la investigación Esta propuesta, prepondera a darle una solución a la problemática en la ejecución de obras en sectores donde escasamente llega el agua potable y en algunos lugares donde se dificulta la utilización de este recurso.

4. Objetivos

4.1. General:

Evaluar el comportamiento de la resistencia a la compresión de mezclas de mortero usando aguas lluvias.

4.2. Específicos:

- Realizar una caracterización fisicoquímica de las aguas lluvias de la Mesa Cundinamarca en la ciudad de Bogotá y Galapa Atlántico en la ciudad de Barranquilla y compararlas con agua de grifo de cada región.
- Elaborar especímenes de mortero de acuerdo con la norma NTC 220, con los distintos tipos de aguas lluvias y determinar la resistencia a la compresión de éstos.
- Analizar los resultados obtenidos del ensayo de compresión a los cubos de morteros elaborados con los distintos tipos de aguas lluvias y compararlos con los morteros elaborados con agua de grifo.

5. Marco referencial

5.1. Marco teórico

5.1.1. Agua.

El hombre desde sus inicios siempre ha aprovechado el agua superficial como fuente de suministro de agua. Las primeras civilizaciones se asentaron en el valle de los ríos y aprendieron a cultivar, lo que conllevó a encontrar la primera aplicación del agua lluvia. Sin embargo, estas no dependían directamente de esta fuente para sobrevivir, fue sólo hasta que las civilizaciones crecieron demográficamente y tuvieron que habitar zonas áridas, que desarrollaron formas de captación de aguas lluvias, como alternativa para el riego de cultivos y el consumo humano (Montero, J., 2016).

Todo estudio de las aguas empleadas para la elaboración de concreto, debe ser precedido por reconocer las sustancias químicas que contiene y su impacto en la calidad y durabilidad del material producido. El principal antecedente será la Norma de cada país que tenga relación con el agua para la elaboración de este tipo de material y específicamente lo relacionado con los requisitos químicos: Cloruros, sulfatos, álcalis, sólidos totales; para el caso de Colombia será la (NTC.3459).

La validez del uso de aguas lluvia, parte de las especificaciones definidas en la norma descrita anteriormente la NTC 3459. El cual nos dice que para la elaboración del concreto puede tomarse de otras fuentes y debe ser clara y de apariencia limpia, libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, sales, materiales orgánicos y otras sustancias que puedan ser dañinas para el concreto. Si contiene sustancias que produzcan color, olor o sabor inusual que causen sospecha, el agua no se debe usar a menos que existan registros de concretos elaborados con ésta, o

información que indique que no perjudica la calidad del concreto. Por lo tanto, se debe realizar un análisis físico-químico de las aguas buscando verificar sus componentes y garantizando que no va a causar efectos negativos sobre los concretos. (NTC.3459)

El agua para elaborar el concreto puede tomarse de fuentes naturales, por lo tanto, puede contener elementos orgánicos indeseables o contenidos inaceptables de sales inorgánicas. La Norma NTC 3459 muestran los valores estipulados según esta y decreto 2511 para la realización de morteros y concretos (Decreto-2511-Min.ambiente, 2007).

Las aguas superficiales a menudo contienen materia en suspensión, como aceite, arcilla, hojas y otros desechos vegetales y pueden ser inadecuado emplearlas sin tratamiento físico preliminar, como filtración o sedimentación, para que dicha materia en suspensión se elimine (NTC.3459).

Para obtener un buen concreto o mortero, es necesario que en su primera edad se encuentre en un entorno que reúna adecuadas condiciones de temperatura y humedad, que aseguren la hidratación del cemento. Las acciones que contribuyen al logro de este ambiente reciben la denominación de “curado”. La Figura 3, muestra el esquema del cemento en el proceso de hidratación. Se observa que al mezclarse empieza a generar enlaces entre las partículas el cual lo convierten en un material aglutinante, lo que quiere decir que sus partículas empiezan a unirse.

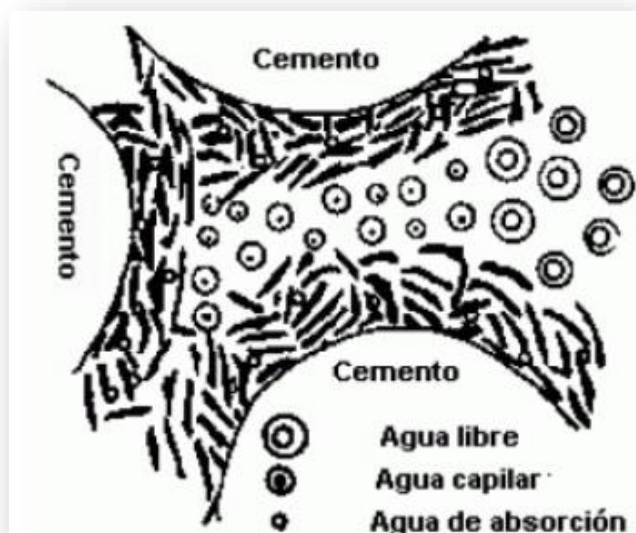


figura 3. Esquema del cemento en el proceso de hidratación. *Fuente:* Gambini, 2011.

5.1.2. Agua potable.

El agua dulce es de vital importancia para el consumo humano y uso doméstico, es por eso que la calidad del agua pasa a ser una constante preocupación para los usuarios y autoridades. La potabilización del agua para el consumo humano generalmente incluye los siguientes procesos de pre-tratamiento: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección (OMS). Todos ellos buscan adecuar la calidad del agua para los usos previstos por el ser humano, además de cumplir la normatividad vigente relacionada con el tema, como lo indica la NTC 3459.

El agua potable es un ingrediente fundamental para la elaboración de concreto debido a que desempeña una función importante en estado fresco y endurecido. Generalmente se hace referencia a su papel en cuanto a la cantidad para proveer una relación agua/cemento acorde con las necesidades de trabajabilidad y resistencia.

5.2. Caracterización de las aguas: norma ntc 3459.

Cada uno de los análisis en la caracterización de las aguas llevan un valor exigido por las normas NTC.3459 y Decreto 2511 (Min. Ambiente, 2007) como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1.

Valores exigidos por la norma sobre la caracterización de las aguas. Fuente (Decreto-2511-Min.ambiente, 2007) - (NTC.3459)

Parámetros	Requisitos NTC 3459	Requisitos Dec. 2511/2007
Sulfatos	1000 mg/L < (NTC3459)	250 mg/l (Dec. 2511)
Solidos totales	0,05 kg/L <	0,05 kg/L <
Color	-	Max. 15 (Dec. 2511)
Turbiedad	-	Max. 2 (Dec. 2511)
Nitrito	-	Max. 0,1 mg/L (Dec. 2511)
Alcalinidad	-	Max. 200 mg/L (Dec. 2511)
Dureza	-	Max. 300 mg/L (Dec. 2511)
Ph	>5 (NTC3459)	6< Ph <9 (Dec. 2511)

Fuente: propia del autor

Observando la Tabla 1, tenemos los valores de cada uno de los parámetros a analizar durante la caracterización de las aguas captadas, el cual su análisis físico químico se realizara en las instalaciones de laboratorios de agua en la universidad de la costa CUC, estas aguas captadas se realizó en los municipio de La Mesa Cundinamarca y Galapa Atlántico, a través de estos valores podemos saber cómo está compuesta nuestra agua (de grifo y aguas lluvias), saber si cumple con cada de los valores exigidos por cada una de las normas (NTC.3459 y Dec.2511, del 2007) y finalmente saber si podemos utilizarla o no en la fabricación de los cubos de morteros hidráulico bajo los estándares de la (NTC.220).

A continuación, se definen algunos de estos paramentos: (Intagri, 2018) – (Torres, A. P.; López, R. G.; Mickelbart. Purdue Extensión. Purdue University. 5 p)

- **Alcalinidad:** Capacidad de los medios acuosos de reaccionar con los iones H (capacidad para neutralizar sustancias ácidas).
- **Dureza:** concentración de cationes de cloro presentes en el agua a cualquier tiempo especificado.
- **Sólidos totales:** materia no líquida dispersa heterogéneamente del agua.
- **pH:** logaritmo negativo de la actividad del ion hidrógeno en soluciones acuosas.
- **Turbidez:** reducción de transparencia de una muestra de debida a la presencia de material particular.
- **Sólidos disueltos:** materia dispersa en agua formando una sola fase homogénea
- **Nitrito:** son un indicador importante de la calidad del agua, se utiliza como indicador de contaminación fecal en aguas naturales
- **Sulfatos:** es uno de los principales componentes disueltos de lluvia, Las altas concentraciones de sulfatos en el agua puede tener un efecto laxante cuando se combina con el calcio y el magnesio, los dos componentes más comunes de la dureza.

5.2.1. Aguas lluvias.

El almacenamiento y aprovechamiento de las aguas lluvias en las ciudades, pueblos, veredas, comunidades en general y su implementación generarían el abastecimiento de agua para suplir las necesidades diarias de las comunidades, actualmente el agua tiene mayor valor, porque las fuentes de abastecimiento son cada vez más reducidas y lejanas, por lo tanto una de las soluciones ambientalmente sostenible es adoptar el sistema de captar aguas lluvias en los sitios de consumo, lo cual reduciría costos en la captación, en el transporte e igualmente en el

tratamiento se reducen, además, los costos en materia de consumo pagado a las empresas de servicios públicos, haciendo un aporte al medio ambiente, reduciendo el uso del agua de abastecimiento de los sistemas municipales y permitiendo que las construcciones sean sostenibles (IHC, 2018).

Las construcciones sostenibles que aprovechen el uso de las aguas lluvias para su uso como: agua potable o para su utilización en usos domésticos: sanitarios, orinales, labores de aseo, riego, utilizan un tanque de almacenamiento de aguas lluvias, siendo este el corazón del sistema (IHC, 2018).

Existen empresas colombianas que siguen las tendencias de la construcción sostenible con el fin de integrarse al concepto mundial de desarrollo sostenible; generando obras que son amigables con el medio ambiente. Estas certifican sus edificaciones y procedimientos a través de instituciones internacionales que avalan su calidad y sostenibilidad. Certificados como el *Leed Leadership in Energy and Environmental Design* (Liderazgo en Diseño Energético y Ambiental) (up, 2017), fue creado por el U.S Green Building Council (Consejo Estadounidense de Construcción Verde, evidencian su compromiso por el medio ambiente con ayuda de las últimas tecnologías respecto al desarrollo sostenible; buscando reducir el impacto ambiental del procedimiento constructivo y crear edificaciones que impulsen el manejo de residuos de forma adecuada, el ahorro de agua, energía y reducción de contaminantes (Montero, J., 2016).

5.3. Propiedades físico químicas de las aguas lluvias.

La lluvia ácida ha tenido una particular importancia desde su aparición, debido a que está caracterizada por tener un pH menor al de la lluvia en su estado natural, considerada como una sustancia ácida, ya que tiene un pH entre de 5 y 6. La acidez natural del agua lluvia se genera por el equilibrio existente con el bióxido de carbono (CO_2), formando el ácido carbónico (H_2CO_3), el

cual es un ácido débil (Ideam, 2007). La tabla 2, muestra la clasificación de las aguas según su nivel de pH, a su vez existen una clasificación de agua según los valores obtenidos durante la caracterización del agua como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 2.

Clasificación De Las Aguas Lluvia. Fuente: (Ideam, 2007).

pH	CLASIFICACION DE LA LLUVIA
$pH > 5,6$	Lluvia no acida
$4,7 < pH \leq 5,6$	Lluvia ligeramente acida
$4,3 < pH \leq 4,7$	Lluvia medianamente acida
$pH \leq 4,3$	Lluvia fuertemente acida

Fuente: propia del autor

El agua lluvia aumenta su acidez cuando los óxidos de azufre y nitrógeno intervienen en la química de la atmosfera y en su equilibrio, causando que el pH de la lluvia disminuya por debajo de 5,6 unidades de pH, mientras que la conductividad aumenta por la presencia de iones. El proceso de precipitación de la lluvia ácida puede ser de dos 2 tipos, seca o húmeda y depende de las formas precursoras (gaseosas o en aerosol) de las precipitaciones ácidas (Ideam, 2007). Según la norma NTC.3459 y el Decreto 2511 del Ministerio de Ambiente, exigen un valor promedio en el pH mayor a 5 para la elaboración de mortero, concreto y consumo humano.

En la Figura 4, observamos cómo los gases emitidos influyen en la lluvia de 2 formas diferentes, de forma húmeda y de forma seca. Las emisiones de óxido de azufre y de nitrógeno son transmitidas al aire por partículas de polvo, también llamadas partículas suspendidas y su

foco principal son las industrias, ya que al momento de la precipitación influye en la acidez de la lluvia y en el pH de la lluvia.



Figura 4. Fuentes y receptores de la lluvia ácida. Fuente: Ideam, 2007.

5.3.1. Captación de aguas lluvias.

El sistema de captación de agua lluvia consiste en interceptar el agua antes de continuar en el ciclo natural, para su aprovechamiento en diferentes usos. La superficie generalmente es la techumbre, donde se minimiza la contaminación. Todos los sistemas tienen básicamente tres componentes: superficie de captación, sistema de conducción y depósito de almacenamiento, pero dependiendo de su complejidad y uso, estos pueden tener adicionales: Sistema de distribución (por gravedad o por bombeo) y el tratamiento (desinfección), por lo tanto, implica mayores costos (Lira, G., 2012).

La captación de aguas de lluvia se realiza con el fin de utilizar el agua captada para el consumo humano y para otros usos. En muchos lugares del mundo con alta o media precipitación, donde no se dispone de agua con la cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento. En la captación de agua lluvia para fines domésticos se acostumbra a utilizar la superficie de techo como captación y este modelo es conocido como SCAPT, es decir, sistema de captación de agua pluvial en techos (Organización Panamericana de la Salud, 2004).

En la antigua Roma, las viviendas de clases altas conocidas como Domus, contaban con un estanque en el Atrium o patio situado en la entrada de la casa, el impluvium, que almacenaba las aguas lluvias que recogía el compluvium (Figura 5), abertura en el centro de la cubierta con pendiente orientado hacia el interior. El agua recogida era utilizada para consumo y para refrescar el ambiente (Lira, G., 2012).



Figura 5. Compluvium en viviendas, Roma. Fuente: (Liria, 2012).

5.3.2. Generalidades de los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias.

Hoy en día la construcción está dando mayor importancia al establecimiento de medidas sostenibles, en las que cualquier edificación emplea mejores prácticas de ingeniería para minimizar el impacto ambiental que ésta genera en su entorno e involucran tanto la fase construcción como la de operación de dicha edificación; es por eso que se hace énfasis en la conveniencia del manejo y uso eficiente de aguas con el fin de utilizar la menor cantidad de agua proveniente de fuentes de abastecimiento convencional. Por ello, se abre paso entonces a la alternativa para el aprovechamiento de fuentes naturales en las que se reducen los costos tanto de suministro como de transporte del líquido vital. Actualmente se observa como grandes construcciones, hacen un aprovechamiento de las aguas lluvias que caen en las áreas y zonas duras, para su utilización como agua potable para consumo humano (luego del tratamiento y potabilización) y/o para uso doméstico (para actividades de lavado, limpieza, riego, etc.).

Estas construcciones tienen un valor agregado: debido a que se reduce con esto el consumo de agua suministrada por acueductos ya sean municipales o en casos rurales y las hacen sostenibles ambientalmente. En Colombia el tema de incluir en las construcciones sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias es relativamente nuevo y cada día cobra más importancia, ya que se tiene un gran potencial hidrográfico de captación en fuentes superficiales y subterráneas que redundan en menores costos en la operación (Betancur, S. y Salas, J., 2014).

5.3.3. Reciclaje de aguas lluvias en la ingeniería civil.

En la actualidad se están construyendo edificios con reutilización de recursos naturales como es el agua y la generación de energía eléctrica para su propio consumo (Lira, 2012). Dentro de la tendencia en la infraestructura están los “edificios inteligentes”, que deben ser autosuficientes en la generación de energía y abastecimiento de agua.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.6**, se muestra la torre Hearst, que tiene 182 metros de altura, con 46 niveles en total. Fue diseñada para un consumo altamente eficiente de energía y administración del uso del agua. El diseño permite recolectar 14 mil galones de agua lluvia en un tanque que se encuentra en el sótano y su utilización es para reemplazar el agua que se pierde en la evaporación del sistema de aire acondicionado y alimentar el sistema de riego de plantas interiores y árboles de la avenida. Se calcula que este sistema permitirá rebajar un 25% en el consumo. Además, la lluvia recolectada también será aprovechada en el Icefall (escultura de agua ubicada en el lobby) con el fin de enfriar el ambiente (Lira, 2012).



Figura 6. Torre Hearst, Nueva York. Fuente: (Lira, 2012.)

5.4. Morteros

El uso del mortero y/o hormigón como elemento constructivo, ha estado presente en multitud de estructuras y edificaciones desde los albores del Imperio Romano hasta nuestros días.

Paralelamente, han ido evolucionando con él, tanto los elementos básicos de las obras en las que se ha utilizado este material, como la propia puesta en obra del mismo hasta los ensayos que se realizan sobre éste para asegurar su calidad y los aditivos utilizados en la elaboración del propio hormigón.

En la actualidad son muchos los factores que intervienen en el resultado de la resistencia final del material, entre los cuales se destaca la temperatura ambiente en el momento del fraguado, los aditivos empleados y los ensayos a los que se someten (Nistal, A., Ruiz, M., y Retana, M., 2012, p.p. 40 - 53).

El mortero es una mezcla homogénea de un material cementante (cemento), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y en algunas ocasiones aditivos, prácticamente es hormigón sin el agregado grueso (Sánchez de Guzmán, D., 2001). Él puede tener función estructural, o no tenerla. Los pañetes, por ejemplo, no poseen función estructural; los morteros usados en mampostería (pega o relleno) o los usados para fundir elementos estructurales, sí poseen tal función (Salamanca Correa, R., 2001).

5.4.1. Tipos de morteros

Son muchos los tipos de morteros que se utilizan en las construcciones, cabe recordar estos son las mezclas que sirven como material de agarre para unir las piedras, bloques o ladrillos que integran las obras de construcción (A la obra maestros, 2018).

Según el endurecimiento se pueden distinguir dos tipos de morteros:

- Los aéreos que son aquellos que endurecen al aire al perder agua por secado y fraguan lentamente por un proceso de carbonatación,
- Los hidráulicos o acuáticos que endurecen bajo el agua, debido a que su composición les permite desarrollar resistencias iniciales relativamente altas (Sánchez de Guzmán, D., 2001).

Teniendo en cuenta los materiales que constituyen a un mortero, podemos distinguirlos de la siguiente manera:

1. Morteros calcáreos: los que interviene la cal como aglomerante, se distinguen, según el origen de ésta en aéreos e hidráulicos. Las calcáreas más conocidas son la cal blanca y la cal gris (dolomítica); en los morteros aéreos la arena tiene como objetivo principal evitar el agrietamiento por las contracciones del mortero al ir perdiendo el agua de amasado. Se recomienda que la arena sea de partículas angulares y que esté libre de materia orgánica. La proporción de cal-arena más usada para revoque es de 1 -2 y para mampostería simple de 1-3 o de 1-4. Si la proporción aumenta el mortero pierde ductilidad y trabajabilidad. En Colombia sólo se utiliza este mortero en trabajos de embellecimiento de interiores que requieren esquinas perfectas (Sánchez de Guzmán, D., 2001).

2. Morteros de yeso: Se preparan con yeso hidratado con agua. El contenido de agua es variable según el grado de cocción, calidad y finura de molido del yeso. En obras corrientes se agrega el 50 %, para estucos el 60 % y para moldes el 70 %. El mortero se prepara a medida que se necesita, pues comienza a fraguar a los cinco minutos y termina más o menos en un cuarto de hora (Sánchez de Guzmán, D., 2001).

3. Morteros de cemento y cal: Son aconsejables cuando se busca gran trabajabilidad, buena retención de agua y alta resistencia superior a la de los morteros de cal; en estos morteros se sustituye parte del cemento por cal, razón por la cual se les conoce también como Morteros de Cemento Rebajado (Sánchez de Guzmán, D., 2001).

Para obtener un mortero fácil de trabajar, pero con una buena resistencia hay que mezclar cal y cemento en proporciones variables según sea la destinación (Maestros, 2018) . Las relaciones de mezcla más usadas varían entre 1:2:6 y 1:2:10 de cemento, cal y arena y el agua necesaria varía de acuerdo a la composición del mortero y a la consistencia deseada (Sánchez de Guzmán, D., 2001).

En cada país la clasificación de los morteros obedece a propiedades específicas de resistencia a la compresión. La norma más difundida es la ASTM270, 2007, la cual clasifica los morteros de pega por propiedades mecánicas y por dosificación. En esta norma se aceptan 5 tipos de mortero en orden decreciente de resistencia (Sánchez de Guzmán, D., 2001).

4. Morteros de cemento: Son los más empleados en Colombia, se componen de arena y cemento Portland. Este mortero tiene altas resistencias y sus condiciones de trabajabilidad son variables de acuerdo a la proporción de cemento y arena usados. Es hidráulico y debe prepararse teniendo en cuenta que haya el menor tiempo posible entre el amasado y la colocación; se acostumbra mezclarlo en obra, revolviendo primero el cemento y la arena y después adicionando el agua.

De acuerdo con la norma (ASTM270, 2007) en la tabla 3, muestra la clasificación y tipos de morteros, así mismo donde será utilizado dependiendo el tipo de obra o uso en el cual se pretende emplear. A continuación, tendremos cada uno de los tipos de mortero su uso y sus

características. En nuestro caso se puede decir según sus características que podíamos utilizar un mortero tipo (M, S) ya que sería un mortero con una resistencia adecuada, el cual economizaría el costo del proyecto y podríamos emplearlo en mampostería, divisiones internas y divisiones menores. A continuación, explicaremos cada uno de los tipos de mortero:

Tabla 3

Clasificación de mortero de pega para mampostería simple según (Astm C270,2007)

TIPO DE MORTERO				CEMENTO PORTLAND	CEMENTO ALBAÑILERIA	CAL	AGREGADO FINO SUELTO
	(MPa)	(kg/cm ²)	(PSI)				
M	17,2	175	2500	1 1	1 -	0,25	Entre 2,25 y 3 veces la suma de cemento y cal utilizado
S	12,4	126	1800	0,5 1	1 -	0,25 a 0,50	
N	5,2	53	750	- 1	1 -	0,5 a 1,25	
O	2,4	25	350	- 1	1 -	1,25 a 2,50	
K	0,5	5	75	1	-	2,50 a 4,00	

Mortero tipo ‘M’

- Es una mezcla de alta resistencia
- Ofrece más durabilidad que otros morteros
- Se recomienda para mampostería reforzada o sin refuerzo, pero sometida a grandes cargas de compresión para cuando se prevea congelamiento, altas cargas laterales de tierra, vientos fuertes, temblores.

- Se debe usar en estructuras en contacto con el suelo: cimentaciones, muros de contención, aceras, tuberías de aguas negras, pozos, etc. (Correa, 2001)

Mortero tipo ‘S’

- Es un mortero que alcanza la más alta característica de adherencia que un mortero puede alcanzar.
- Debe usarse para las estructuras sometidas a cargas de compresión normales, pero que requieran a la vez de una alta característica de adherencia.
- Debe usarse en aquellos casos en los que el mortero es el único agente de adherencia con la pared, como en el caso de revestimientos cerámicos, baldosines de barro cocido, etc. (Correa, 2001)

Mortero tipo ‘N’

- Es un mortero de propósito general, para ser utilizado en estructuras de mampostería sobre el nivel del suelo.
- Es bueno en enchapes de mampostería, paredes internas y divisiones.
- Representa la mejor combinación de resistencia, trabajabilidad y economía.
- Usualmente las mezclas de tipo N, alcanzan cerca de 125 kg/cm² (1800 psi) de resistencia a la compresión, en los ensayos de laboratorio. Debe tenerse presente que la calidad de mano de obra, la succión propia de los elementos de mampostería y otras variables afectan su resistencia una vez colocado. (Correa, 2001).

Morteros tipo ‘O’

- Es un mortero de baja resistencia y con un alto contenido de cal.
- Puede usarse en paredes y divisiones sin carga o para revestimientos exteriores que no estén sometidos a congelamiento, aun cuando puedan estar húmedos.
- Son usuales en construcciones de vivienda de uno o dos pisos.
- Por su excelente trabajabilidad y bajo costo, son morteros preferidos por los albañiles. (Correa, 2001)

Marco normativo nacional sobre el uso del agua**6.1. Ley 1286 de 2009**

Artículo; 1°. Objetivo general. El objetivo general de la presente ley es fortalecer el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y a Colciencias para lograr un modelo productivo sustentado en la ciencia, la tecnología y la innovación, para darle valor agregado a los productos y servicios de nuestra economía y propiciar el desarrollo productivo y una nueva industria nacional (Congreso de la República, 2009).

6.1.2. Ley 373 de 1997

Uso eficiente del recurso hídrico, obliga en Colombia a que los proyectos de construcción reciclen agua lluvia, pero lamentablemente el desconocimiento de la Ley ha hecho poco para que se aplique. La comunidad debe promover la arquitectura eficiente para recoger agua, almacenarla y tratarla en función de utilizarla nuevamente. (IHC, 2018).

6.1.3. Decreto 2811 de 1974

Artículo 2o. Fundado en el principio de que el ambiente es patrimonio común de la humanidad y necesario para la supervivencia y el desarrollo económico y social de los pueblos, este Código tiene por objeto:

1ª: Lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables, según criterios de equidad que aseguren el desarrollo armónico del hombre y de dichos recursos, la disponibilidad permanente de éstos y la máxima participación social, para beneficio de la salud y el bienestar de los presentes y futuros habitantes del territorio nacional.

6.1.4 Decreto 330 del 2017. título II, capítulo 4.

Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales. Este capítulo nos dice los lineamientos mínimos para el diseño, construcción, mantenimiento y recolección de aguas residuales pluviales y combinadas. Teniendo claro los periodos de escorrentía, intensidad, duración, precipitación y frecuencia de aguas lluvias en la zona donde se pretende captar, podemos diseñar e implementar planes de mejora. (Ministrodevivienda, 2017).

7. Marco geográfico

La presente investigación se realizará en el municipio de Galapa y el municipio de La Mesa, Cundinamarca, región del alto del Tequendama. El municipio de La Mesa cuenta con las coordenadas geográficas que siguen: Latitud: 4.633, Longitud: -74.467 4° 37' 59" Norte, 74° 28' 1" Oeste. Este municipio cuenta con una superficie aproximada de 15.100 hectáreas - 151,00 km². Tiene una población de aproximadamente 26 699 Habitantes, se encuentra ubicada a 72 km

de la capital de Colombia, la ciudad de Bogotá (Alcaldía de La Mesa, 2020). Como lo muestra la figura 7A

En la figura 7A se observa el municipio de la mesa Cundinamarca el cual limita al norte: con los municipios de Cachipay, Quipile y Zipacón. Al Sur: con los municipios de Anapoima y El Colegio. Al Oriente: con el municipio de Tena y Bojaya. Al Occidente: con los municipios de Quipile y Anapoima. (Alcaldía de La Mesa, 2020). En la figura 7B se observa la ciudad de Barranquilla y el municipio de Galapa, el cual cuenta con coordenadas geográficas, $10^{\circ}57'50''$ norte, $74^{\circ}47'47''$ Oeste. Tiene una población aproximadamente de 1,206 millones, tiene una altura de 24 MSNM, limita al norte con el mar caribe y la ciénaga de mallorquín. Al oriente con la isla salamanca y el rio magdalena. Al suroriente con el Municipio de Soledad. Al suroccidente con el Municipio de Galapa y al Noroccidente con el municipio de Puerto Colombia.

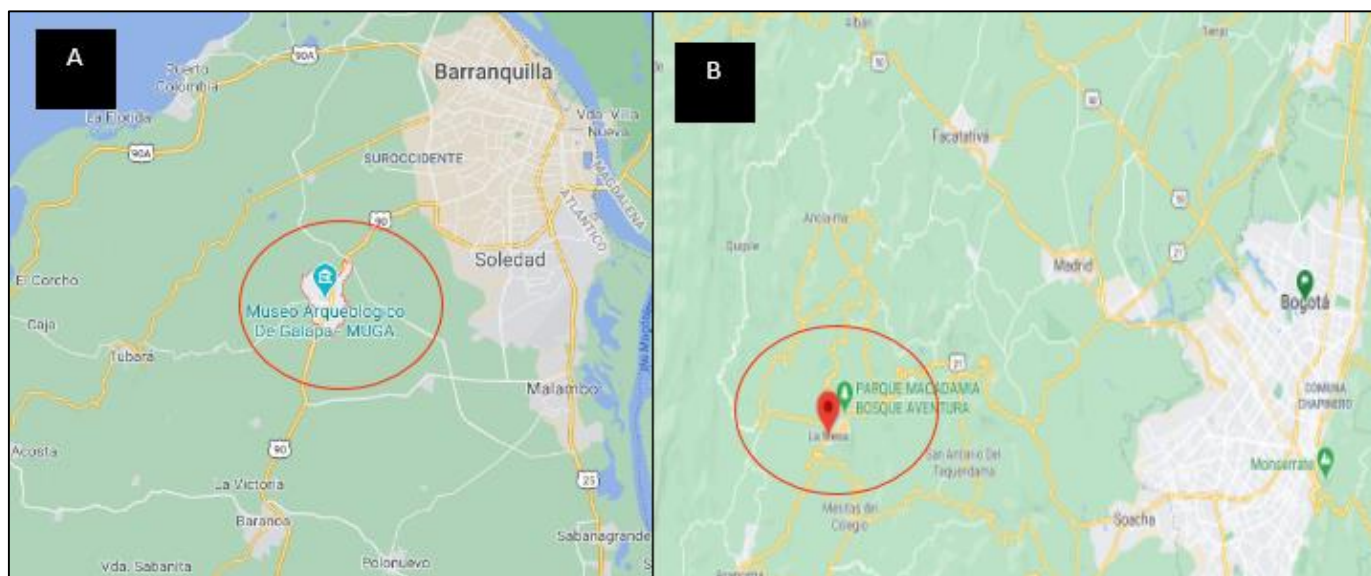


Figura 7. Ubicación de los sitios de muestreo. a) municipio de la mesa Cundinamarca, b) ubicación del municipio de Galapa Atlántico). Fuente (google maps)-(www.la mesa- cundinamarca.gov.co)

Basados en los datos que nos suministra el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, como observamos en la Figura 7, en el municipio de la Mesa Cundinamarca, notamos que las mayores precipitaciones se presentan entre los meses de marzo - mayo y desde octubre a noviembre. De esta manera podría suplir algunas de las necesidades básicas (riego de plantas, sanitarios, etc.), en los meses donde hay carencia del agua en las épocas del año más secas, que se encuentran entre los meses de enero a febrero y de junio hasta el mes de agosto.

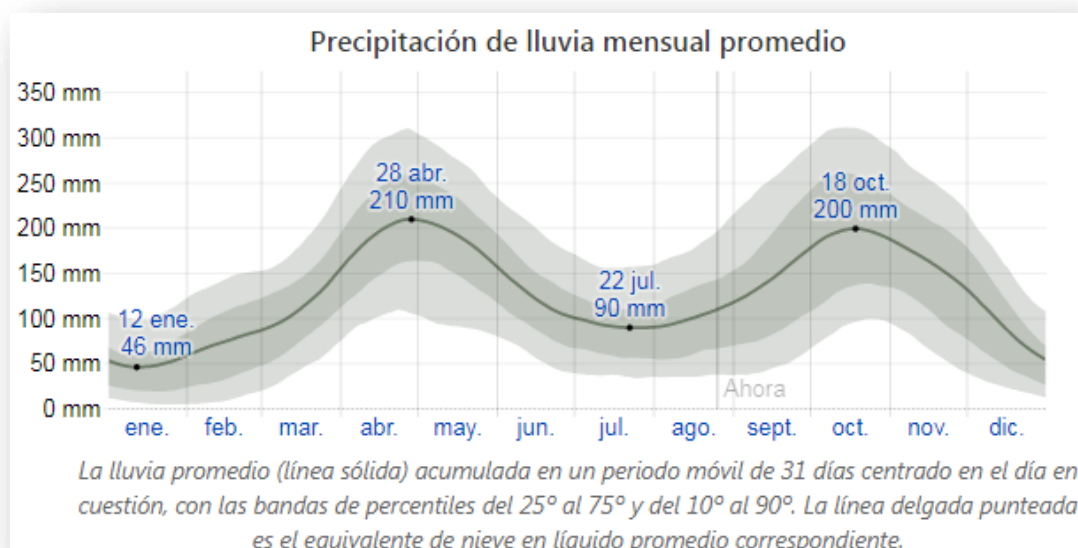


Figura 7. Precipitación mensual en el municipio de la mesa Cundinamarca. Fuente (Ideam, 2007).

8. Estado del arte

A nivel internacional estudios en el 2018 realizados en Perú, verifican los efectos perjudiciales que tiene el uso de las aguas lluvias para el concreto, a través de un análisis físico químico del agua lluvia y el ensayo a la resistencia a la compresión con agua potable y agua lluvia. El agua captada se realizó en Pilcomayo – Huancayo – Junín. La relación a/c que se

utilizo fue de 0.3 y la edad de rotura en esta investigación fue para (1,3,7 y 28 días), 3 especímenes de cubos para cada edad de curado, basándose en los estándares exigidos por la norma NTP 334-051. Como resultado observaron que los tres especímenes marcan una tendencia específica, en cuanto al desarrollo de la resistencia en las edades a evaluar y los resultados obtenidos fueron los esperados de acuerdo a la relación fuerza entre área, con respecto a cada una de las dimensiones de los especímenes en estudio. Los especímenes cúbicos a la edad de 3 días elaborados, presentan un comportamiento diferente con respecto a los especímenes cúbicos de 7 y 28 días, el cual alcanza una resistencia mayor. Espinoza, H., Peceros, M. & Yangali, G. (2018).

Ramírez, A. (2017), determinó la influencia del agua del rio Cumbaza en la resistencia a la compresión del concreto, este realizó un análisis físico y químico del agua del Río, además un diseño de mezcla patrón que sirvió como base para elaborar las probetas de concreto no estructurado utilizando agua Potable y el agua del Río Cumbaza de las diferentes localidades según la norma técnica peruana (NTP 399.088).

Desde el punto de vista socioeconómico, los resultados del trabajo de investigación son favorables para la comunidad, ya que mediante la determinación de la influencia del uso de agua del rio Cumbaza en las mezclas de concreto, los pobladores de las localidades de San Antonio, Morales y Juan Guerra, tendrán conocimiento de la calidad de concreto que obtendrán utilizando agua del rio Cumbaza, y por ende la calidad de obras que mejorarán su calidad de vida.

Las probetas elaboradas se ensayaron a los 3 – 7 y 28 días, en la localidad de san Antonio las probetas elaboradas con agua potable arrojan una resistencia a la edad de 7 días de $f'c = 132.79 \text{ kg/cm}^2$, a su vez las probetas elaboradas con agua del río Cumbaza, arrojan una resistencia a la misma edad de $f'c = 126.96 \text{ kg/cm}^2$, existiendo una variación del 5.74%, la

misma que no excede el 10% de tolerancia que indica la norma NTP 339.088. En la localidad de Morales la resistencia a la compresión es óptima ya que no excede el 10% de tolerancia que indica la norma NTP 339.088. La influencia del agua del río Cumbaza de la localidad de Juan Guerra, sobre la resistencia del concreto no es óptima debido a que el ensayo de resistencia a la compresión de las probetas elaboradas con agua potable existe una variación del 22.46%, la misma que excede el 10% de tolerancia que te indica la norma NTP 339.088.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos del análisis del agua del río Cumbaza en las localidades de San Antonio y Morales, se estableció que, de acuerdo con los límites permisibles, se puede considerar estas aguas como aguas óptimas para la elaboración de concreto, siendo el agua del río Cumbaza de la localidad de San Antonio la más recomendable, debido a que su composición fisicoquímica se encuentra dentro de los límites permitidos, según NTP 339.088. La que mayor variabilidad presenta es la de la localidad de Juan Guerra, esto debido a que la localidad de Juan Guerra recibe directamente y en mayor cantidad la descarga de los desagües provenientes de los deshechos de las demás localidades.

A nivel nacional, León, A. & Enrique, C. (2018), elaboraron 24 cilindros de concretos para ser sometidas a un ensayo de compresión, donde todas las muestras están diseñadas bajo los mismos parámetros (cantidad de materiales, origen de los materiales, proceso de elaboración), variando únicamente en el pH del agua de mezclado, utilizando 3 valores diferentes (Básico, ácido y neutro) que se clasifican así: de 0 a 7 se considera una sustancia acida, de 7 a 14 se considera una sustancia básica y si una sustancia marca 7 se considerara neutra. Con esto determinaron la influencia del pH en el agua de mezclado a través del ensayo de la resistencia a la compresión y determinaron las alteraciones químicas, físicas en las muestras elaboradas. Este ensayo de realizo teniendo en cuenta una resistencia de 28 MPa equivalente a

4000 psi la cual fue escogida por ser una resistencia a la compresión convencional para cargas de diseño estáticas altas como almacenes, tiendas y cimientos de construcción distribuidos de la siguiente manera: 8 muestras con el pH ácido, 8 muestras con el pH básico, 8 muestras con el pH neutro.

Lo cual se evaluó a los 7 -14- 28 días, concluyendo que a los 7 días en el pH neutro hubo un 13% de disminución a la resistencia a la compresión a los 14 días hubo un 3% y a los 28 días hubo una disminución de la resistencia a la compresión de 1%. Se pudo determinar que, en efecto, la variación del pH del agua de mezclado si influye en la resistencia a la compresión del concreto hidráulico, debido a que altera las propiedades químicas al modificar la reacción de hidratación y físicas debido a que es el reflejo final en cuanto a la resistencia esperada.

Por su parte, Medina, C. (2013) validó científicamente el uso del agua lluvia en los procesos de producción de materiales compuestos, pues, aunque esta es empleada actualmente en los lugares de difícil consecución del agua potabilizada, no cuenta con los datos estadísticos que puedan confirmar su empleo. Por otro lado, este trabajo, encontró una relación directa con la construcción sostenible en el aspecto relacionado con el uso de eco-materias y manejo eficiente del agua.

En la investigación, emplearon materiales de la zona: Cemento, agua y agregados. Realizaron el diseño de mezcla de concreto para una obtener una resistencia de 21 MPa a la edad de 28 días. Posterior a esto realizaron el fallo a 1, 3, 7 14, 28 y 56 días de los especímenes.

Analizaron los resultados buscando dar respuesta al objetivo de la investigación. Estos concluyeron que la fabricación del concreto con el uso de aguas lluvia no modifica su resistencia, contribuye al aprovechamiento de un recurso natural que se desperdicia, significa un ahorro en

términos de procesamiento químico del agua y contribuye a la disminución del crecimiento de fuentes de agua por escorrentía.

Mauricio, C. & Medina C. (2015), fabricaron el concreto con aguas lluvia y compararon su desempeño con respecto a los elaborados con agua potabilizada, empleada convencionalmente. Las muestras se estudiaron con base a la resistencia al esfuerzo a compresión a edades de 1, 3, 7, 14, 28, 56 días, analizando también su microestructura por medio de microscopía de barrido electrónico (SEM) y caracterizando el agua involucrada mediante laboratorio certificado. Luego de analizar los resultados, tenemos que la resistencia a la compresión a los 56 días para el agua lluvia es de 29,18 MPa y para el agua potable es de 28,75 MPa el cual vieron factible que la fabricación del concreto puede hacerse de modo más racional en cuanto a la utilización del recurso hídrico, sin sacrificar sus cualidades mecánicas, estéticas y de estabilidad. A su vez, contemplaron la posibilidad de establecer una práctica que pueda ser replicable en el contexto colombiano.

Capador, M. F. (2017), evaluó el consumo de agua y el ahorro de esta en el desarrollo de las obras civiles. Para ello, tomó como ejemplo un proyecto de vivienda multifamiliar, con el cual determinó el volumen de agua utilizada en la obra, para actividades que se pueden realizar con el uso de agua lluvia y finalmente, estableció el volumen de agua captada. Así mismo, elaboró una guía donde describió el proceso necesario para aprovechar el agua lluvia en una obra de vivienda multifamiliar en la ciudad de Bogotá e identificó el porcentaje de ahorro de agua potable al hacer uso del agua lluvia. Esta investigación la planteó con el fin de que los grandes constructores encuentren en el agua lluvia un recurso natural que puede ser aprovechado, no solamente en el producto final que entregan, es decir para riego de jardines o descargas de sanitarios, sino también como un recurso aprovechado desde el desarrollo mismo de la obra,

como alternativa que reemplace el agua potable en las actividades que no la requieran. Mediante la guía presentada, el constructor podrá identificar las actividades que pueden reemplazar el agua potable por agua lluvia, la forma de calcular la demanda de agua que podrá reemplazar por agua lluvia en el proceso de desarrollo de las obras y la forma de calcular la oferta según las precipitaciones mensuales de la región analizada. Con el fin de evaluar qué tanto es el consumo de agua y qué tanto se puede ahorrar.

Por último, Gutiérrez, V. L. (2018), usó las aguas lluvias recolectadas en Soacha para analizar el efecto sobre la resistencia a compresión del concreto simple. Para tal fin, elaboraron cilindros de prueba con aguas lluvias y cilindros de prueba con agua potable tomada del acueducto de Bogotá, la cual es un agua patrón ya que su calidad está verificada y aprobada para ser utilizada en la elaboración de concreto. Todos los cilindros de prueba fueron ensayados en el laboratorio bajo el parámetro de la resistencia a la compresión, para posterior a esto, generar un análisis estadístico comparativo de los resultados obtenidos con los cilindros elaborados con agua lluvia y los obtenidos con los cilindros patrón elaborados con agua potable. Los cilindros se ensayaron en el laboratorio para poner a prueba sus características y verificar su cumplimiento según las normas técnicas colombiana NTC, se elaboraron los cilindros de prueba, 45 con agua lluvia y 18 con agua potable. Teniendo como resultado una resistencia a la compresión promedio de 21.14 MPa, para las aguas lluvias, este valor cumple con los resultados esperados. Y en el agua potable se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 21.08 MPa, analizando los valores se deduce que el uso de las aguas lluvias en la fabricación de concretos es totalmente apta, pero es de suma importancia tener una cuidadosa interacción con el material puesto que es en esta etapa es donde está el riesgo de incorporar en el agua sustancias perjudiciales que afecten la calidad del concreto, ya que para preparar concreto con agua lluvia, la primera interacción

necesaria con el agua es su recolección. Este tipo de agua se puede utilizar para lavado, mezclado y curado para la elaboración de concreto. Dado que, al realizar la caracterización del material, este presentó cumplimiento de los requisitos exigidos por la norma (NTC 3459), además presentó cumplimiento en la verificación de las tolerancias máximas permitidas para las impurezas según (Sanchez de Guzman, 2001).

9. Metodología

La metodología que se emplea es de tipo descriptivo y exploratorio, ya que se evaluará la resistencia del mortero hidráulico y se caracterizarán las aguas lluvias y potables, mediante ensayos de laboratorios basados en las normas (NTC.220), (ASTM C109) , (NTC.3459).

9.1 Captación de aguas

La captación de agua lluvia y agua de grifo se hizo en el Municipio de La Mesa, Cundinamarca como se muestra en la Figura 8A ,9B y 9C respectivamente, así como en el municipio de Galapa, Atlántico, como lo muestran la Figura 9A y 11B respectivamente. Esta captación de agua se realizó en tiempo de precipitación que en este caso fue desde el mes de agosto y septiembre. Cabe aclarar que esta recolección de aguas en el municipio de La Mesa se hizo por más de 1 hora, recalando que antes de comenzar la precipitación fue vaciada una cubeta de agua por las canaletas para así obtener el agua captada con menos impurezas y disminución de la contaminación de esta misma.

Los recipientes donde se recopilaron las aguas lluvias, fueron lavados antes, sin ninguna sustancia química, ya que cualquier sustancia podría alterar el agua de mezclado.



Figura 8. Captación de agua lluvia y agua apta para mortero en el municipio la Mesa Cundinamarca. Fuente (Elaboración propia)



Figura 9. Captación de aguas lluvias y agua apta para mortero en el municipio de Galapa Atlántico. Fuente (Elaboración propia)

9.2. Caracterización de las aguas captadas

Para verificar si las aguas recolectadas en el municipio de la Mesa / Cundinamarca y en la ciudad de Galapa, cumplen con los requisitos mínimos necesarios para su uso en la elaboración del mortero hidráulico, fue necesario conocer sus características y compararlas con las especificaciones de la norma (NTC.3459), y verificar las impurezas presentes en agua de mezclado. Por otra parte, se realizó una comparación con las características del agua potable tomada del acueducto de Bogotá en la jurisdicción del Tequendama.

Para la caracterización de las aguas de mezclado en el municipio de Galapa- Atlántico y en la Mesa Cundinamarca se realizaron los ensayos mostrados en la Tabla 4 en los laboratorios de la universidad de la costa CUC en la ciudad de barranquilla.

Tabla 4. *Ensayos para realizar en la caracterización de las aguas en el proyecto. Fuente: (Elaboración propia).*

Parámetros	Norma
pH	NTC 3651
Temperatura (°C)	N/A
conductividad (uS)	NTC 4531
OD (%)	NTC 4705
Color (Pcu)	NTC 813
Turbiedad (ntu)	NTC 4707
Alcalinidad (mg/L)	NTC 4803
Dureza (mg/L)	NTC 4706

9.3. Diseño de mezcla

El diseño de mezcla se realizó según la norma (NTC.220), que indica la cantidad de materiales según los especímenes a elaborar. La tabla 5, (NTC.220) muestra la cantidad de materiales para 9 especímenes de cubo de mortero. En esta investigación se fabricaron 48 cubos de mortero. Para esto y teniendo claro la cantidad de especímenes a realizar, se procedió a hallar la cantidad de materiales a utilizar. Basándose en la relación estándar de a/c de 0,485 para cemento portland(mortero normal y/o uso general), ya que es el tipo de cemento el cual se utilizará y la relación de a/c que recomienda la norma en este caso la (NTC.220), como lo muestra la Tabla 5. Finalmente, la tabla 6 muestra las cantidades totales de arena, cemento y agua para la fabricación de 48 cubo de mortero.

Tabla 5

Cantidades de materiales para la elaboración de especímenes según cantidad. Fuente: (NTC.220)

MATERIALES	UNIDAD	6	9
CEMENTO	g	500	740
ARENA	g	1375	2035
AGUA	ml		
PORTLAND (0,485)		242	359
INCORPORACION DE AIRE (0,460)		230	340

Tabla 6

Dosificación de materiales para los 48 cubos de morteros. Fuente (Elaboración propia)

Especímenes	Cemento (kg)	Arena (kg)	Agua (lt)
9	0,740 kg	2,035 kg	0,359 lt
48	3,94667 kg	10,85333 kg	1,9147 lt

En la Tabla 7 se muestra la ficha técnica suministrada por la empresa Argos, el cual muestra los ensayos a la cual fue sometido el cemento de uso general, basándose en los estándares exigidos por la norma técnica colombiana NTC, específicamente por la norma (NTC.220) y los valores de cada uno de los ensayos a la cual fue sometido.

Tabla 7.

Ficha técnica de la resistencia a la compresión suministrada por la empresa argos. Fuente: (Argos, 2018)

Edad	Norma de ensayo	Resistencia mínima a la compresión en MPa
7 días	NTC 220	8.0
14 días	NTC 220	15.0
28 días	NTC 220	24.0

9.4. Arena

La arena utilizada para este proyecto es proveniente del Municipio de Santo Tomás Atlántico, Colombia. A este material se le realizó ensayos de granulometría para así determinar si cumple o no con lo requerido en la norma. La tabla 8 muestra los porcentajes exigidos para su granulometría por la norma (INVE323-13, 2013) así podremos saber su composición si es (arena, limo, arcilla) para poder determinar qué tipo de material se está utilizando.

Tabla 8. *Requerimientos de la norma INVE 323 para cubos de morteros. Fuente: (INVE323-07, 2013)*

TAMICES	ALTERNO	% QUE PASA
118 μ m	Nº 16	100
600 μ m	Nº30	96 - 100
425 μ m	Nº40	65 - 75
300 μ m	Nº50	20 - 30

150 μ m	Nº100	0 - 4
-------------	-------	-------

La tabla 9, muestra los datos obtenidos del laboratorio de granulometría del material utilizado para este proyecto, el cual según los resultados cumple con lo requerido por la norma (INVE323-13, 2013).

Tabla 9

Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos. Fuente: (Elaboración propia).

Masa inicial seca 1462,2 (g)		Masa seca después de Lavado 1413,0 (g)		Masa final 1413,0 (g)		Límite superior	Límite inferior
Tamiz	mm	Masa retenida (g)	% Retenido	% Acumulado	% Que pasa		
3/4"	19	0	0,00	0,00	100,00		
1/2"	12,5	0	0,00	0,00	100,00		
3/8"	9,51	0	0,00	0,00	100,00		
4	4,75	0	0,00	0,00	100,00	100	100
8	2,36	0,8	0,06	0,06	99,94	100	95
16	1,18	1,5	0,11	0,16	99,84	100	70
30	0,6	212,3	15,02	15,19	84,81	75	40
50	0,3	820	58,03	73,22	26,78	35	10
100	0,15	303,1	21,45	94,67	5,33	15	2
200	0,075	74,4	5,27	99,94	0,06		
Fondo	N/A	0,9	0,06	100,00			
Σ		1413 gr	100,00	---			
Módulo de finura		1,83					

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. La Figura 10, muestra la curva granulométrica obtenida, se observa que el material es apto para uso. La línea naranja (tamiz #4 - 4,75mm), muestra la diferencia entre arena y grava. Está línea muestra que el material está compuesto exactamente por el 85% de arena, el otro 12% es grava y finalmente el 3% es material fino.

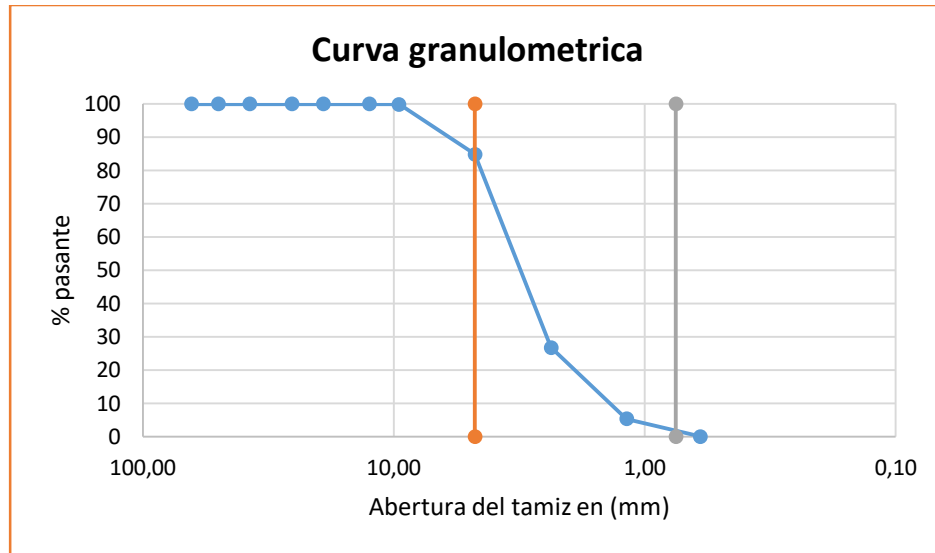
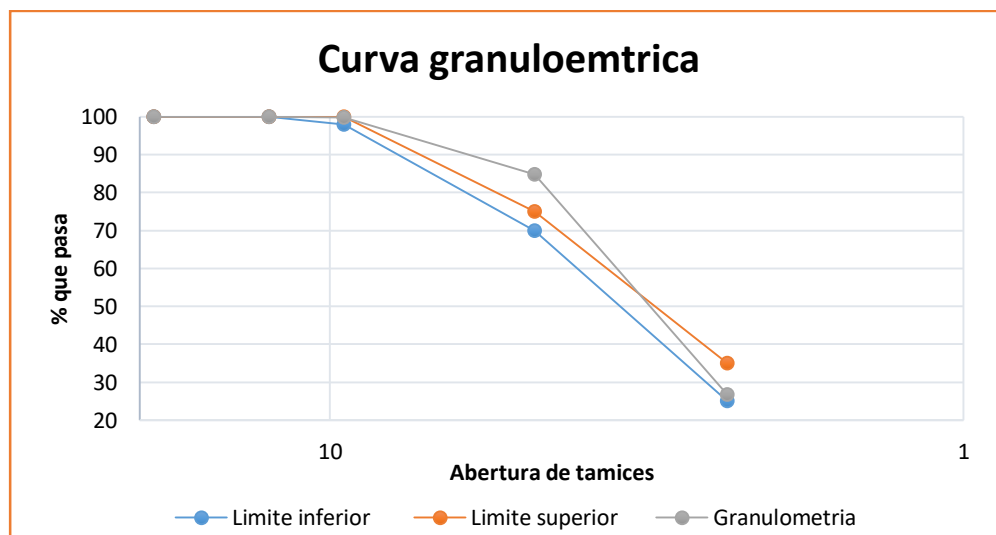


Figura 10. Porcentaje que pasa vs tamaño de los agregados de la tierra usada. Fuente: (Elaboración propia).

La Figura 11 muestra los límites superior e inferior de la muestra ensayada y a su vez la granulometría obtenida del material estudiado en el laboratorio se deduce que nuestro material cumple con los valores establecidos en la granulometría por la (INVE323-13, 2013) como lo muestra la Tabla 8.



9.5. Caracterización de las aguas

La caracterización de las aguas se realizó en el laboratorio del departamento de civil y ambiental de la Universidad de la Costa (CUC), donde los valores obtenidos se compararon con la norma (NTC.3459). La Tabla 10 y en la Figura 12, presentan los nombres e imágenes de los equipos utilizados en el laboratorio y el tipo de laboratorio realizado para la caracterización de las aguas captadas en el municipio de la Mesa Cundinamarca y Galapa Atlántico.

Tabla 10

Nombres de los aparatos utilizados para la caracterización de las aguas. Fuente: (Elaboración propia)

Imagen	Nombre de aparato	tipo de ensayo
A	Turbidímetro	turbiedad
B	Colorímetro	color
C	Oxímetro	oxígeno
D	Bureta	proceso de titulación
E	PHmetro	pH

Fuente propia del autor

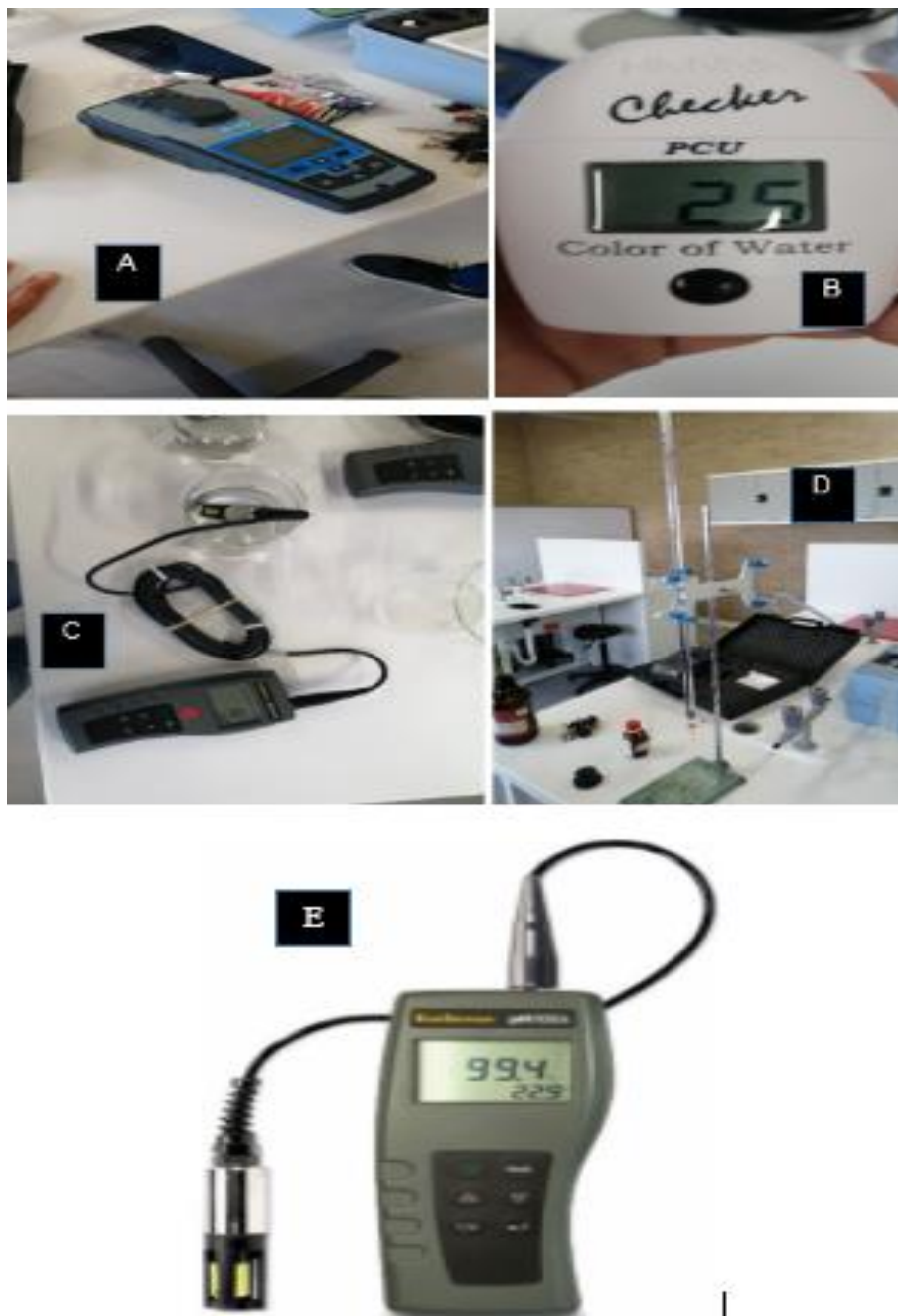


Figura 12. Aparatos del laboratorio utilizados para la caracterización de las aguas. Fuente (Elaboración propia).

10.5.1. Descripción de los equipos de laboratorios para la caracterización de las aguas.

10.5.1.1. Turbidímetro.

Como nos muestra la Figura 12A, es utilizado para medir las partículas suspendidas en un líquido o en un gas disuelto, mide las partículas en suspensión a través de un haz de luz y un detector de luz fijado a 90° del haz horizontal. La turbidez se mide en NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez. El instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbidímetro. (Lenntechtratamientodeagua, s.f.).

10.5.1.2. Colorímetro.

La Figura 12B, nos muestra el aparato utilizado para medir el color de agua, junto a la turbidez, el olor y el sabor, representan el grupo de parámetros organolépticos que son indicativos de la calidad del agua de consumo humano. El color del agua se debe a la presencia de materia orgánica natural como son las sustancias húmicas (SH) procedentes de los ácidos húmicos y fúlvicos, así como por la presencia de ciertos metales como hierro, manganeso, cobre, que se encuentran disueltos o en suspensión (Hanna.Instruments, 2018). Para determinar el color de las muestras de agua se compararon los colores de cada muestra agua de grifo para morteros y agua lluvias de las ciudades de la Mesa Cundinamarca y Galapa Atlántico, observándolas por medio de dos lentes que podían graduarse hasta conseguir que las muestras parecieran tener un color similar a la muestra blanca. Al final se tomaron los números de los últimos lentes utilizados, para denotar el número del color de cada muestra.

10.5.1.3. Oxímetro.

El medidor de oxígeno se utiliza para medir la cantidad de oxígeno disuelto en líquidos. Normalmente se utilizan dos escalas de medición: partes por millón (ppm); o porcentaje de saturación (%), que se define como el porcentaje de oxígeno disuelto en 1 litro de agua, respecto la cantidad máxima de oxígeno disuelto que puede contener 1 litro de agua. Es necesario determinar la cantidad de oxígeno disuelto en el agua porque es un indicador de la calidad del agua. Así es importante, por ejemplo, controlar las aguas residuales urbanas e industriales donde las concentraciones bajas de este parámetro son un signo de contaminación. (Hanna.Instruments, 2018).

10.5.1.4. PHmetro.

El pH metro es un instrumento muy importante para el tratamiento galvánico y determina el contenido ácido en el agua y en el agua residual producida. El pH metro se utiliza sobre todo en investigación y desarrollo. La medición del valor de pH es uno de los criterios más importantes en el galvanizado para poder alcanzar y garantizar siempre la mayor calidad en el tratamiento del agua.

9.6. Ensayos de resistencia a la compresión de los cubos de mortero (norma ntc – 220)

9.6.1. Elaboración de los especímenes de cubos de mortero

Los especímenes fueron elaborados en las instalaciones de laboratorios SEOTEC. S.A.S, que tiene como dirección: Calle 11 # 10 – 36, ubicado en la urbanización de la Playa, Atlántico, como lo muestra la Figura 13A y 14B, cada uno de los especímenes fueron rotulados por cada tipo de agua como lo muestra la figura 16A Para evitar confusiones estos fueron rotulados de la siguiente manera:

- AP-BA: agua de grifo para elaboración de mortero hidráulico en Galapa Atlántico en la ciudad de Barranquilla
- AP-BO: agua de grifo para la elaboración de mortero hidráulico en la Mesa Cundinamarca en la ciudad de Bogotá.
- ALL-BA: Agua lluvia en Galapa Atlántico en la ciudad de Barranquilla.
- ALL-BO: Agua lluvia en la Mesa Cundinamarca en la ciudad de Bogotá.

9.6.2 Curado de los cubos de mortero

Posteriormente en el curado como lo muestra la Figura 14, el cual a las 24 horas de elaborados y desencofrados fueron sumergidos en un recipiente de agua con cal hasta su día de su prueba.

9.6.3. Fallo de la resistencia a la compresión de los especímenes de cubos de morteros

Las probetas fabricados se ensayaron a compresión en las instalaciones del laboratorio Seotec S.A.S. a los 7,14 y 28 días respectivamente para cada tipo de agua de las diferentes ciudades (Galapa y la Mesa), utilizando un equipo de marca (Lexus, modelo: Matrix 1000KN), como lo muestra la Figura 15A y 16B, cuya ficha técnica de calibración y certificación se muestra en el

Anexo 7. La figura 16A, 16B y 16C, nos muestra el proceso del ensayo de la resistencia a la compresión.



Figura 13. Elaboración de especímenes en las instalaciones del laboratorio Seotec. S.A.S. *Fuente:*(Elaboración propia)



Figura 14. Curado de los cubos de morteros en las instalaciones de Seotec S.A.S. *Fuente* (Elaboración propia).



Figura 15. Rotulación y ensayo de los cubos de morteros en las instalaciones del laboratorio Seotec. S.A.S. Fuente (Elaboración propia)

10. Análisis de resultados

10.1. Análisis de la calidad de las aguas.

La caracterización de las aguas se realizó mediante la norma NTC.3459 para la fabricación de mortero, concreto y para el consumo humano el Decreto-2511-Min.ambiente, 2007. La Tabla 11 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra los valores promedios obtenidos en cada uno de los ensayos para la caracterización de las aguas de la ciudad de Galapa y la Mesa comparados con los valores que exigen la norma (NTC.3459) y el (Decreto-2511-Min.ambiente, 2007). Se observa que los valores del pH, son mayores en las aguas lluvias con

respecto al agua de grifo de ambas ciudades., El (Decreto-2511-Min.ambiente, 2007) exige un valor entre el 6,5 y 9, lo cual observando los valores promedios obtenidos en la tabla 11, **¡Error!**

No se encuentra el origen de la referencia. están entre los requerimientos por el decreto anteriormente mencionado y podemos decir que es una lluvia no acida.

Respecto al pH el cual se obtuvo un valor entre (5,85 – 8,25) como lo muestra los valores obtenidos en el laboratorio por la Tabla 11, estos valores están muy acordes y se encuentran dentro de los rangos establecidos por (Barrios, 2019), el cual realizo un estudio en la ciudad de Barranquilla sobre la caracterización de las aguas que pasan por el arroyo león de la ciudad de Barranquilla y obtuvieron un valor entre (7.17 – 7.94). Por otro lado, la presencia de sólidos totales durante la captación de las aguas, ya que éstos influyen en la resistencia del mortero hidráulico y concreto NTC.3459, pero en nuestro proyecto la presencia de solidos totales fue nula (-0.0054 para las aguas lluvias y -0.32 para las aguas de grifo para mortero respectivamente) en el municipio de Galapa Atlántico en la ciudad de barranquilla. Estos factores hay que tenerlos en cuenta ya que, si el agua estudiada presenta altos valores en el pH, solidos totales, turbiedad y oxígeno disuelto pueden influir drásticamente en nuestro mortero y concreto. Por otro lado, frente a la turbiedad, haciendo la comparación entre ambas ciudades, observamos que en el municipio de Galapa, (3,37 para las aguas lluvias y 3,5 para el agua de grifo para mortero hidráulico) es mayor con respecto al municipio de la Mesa Cundinamarca (1,2 para las aguas lluvias y 2,0 para el agua de grifo para mortero hidráulico).., el ensayo de la turbiedad en el proceso de la caracterización de las aguas, mide la transparencia del líquido, según el (Decreto-2511-Min.ambiente, 2007), los valores obtenidos en el municipio de Galapa Atlántico en la ciudad de Barranquilla y la Mesa Cundinamarca muestra que no es apta para el consumo humano, pero según la norma (NTC.3459) es apta para la realización de mezclas. En cuanto a

los sólidos totales obtenidos de ambas ciudades, en el municipio de Galapa Atlántico en la ciudad de Barranquilla y la Mesa Cundinamarca se muestra un valor negativo, es decir, que para ambas ciudades no se tiene presencia de materias disueltas en el agua. En los Anexo 3 Anexo 4 Anexo 5 Anexo 6, se presentan los resultados promedios de cada ensayo para efectos comparativos.

Tabla 11

Resultados promedio de la caracterización de las aguas lluvias y agua apta para mortero del municipio de Galapa atlántico y la Mesa Cundinamarca, en los laboratorios de la universidad de la costa CUC. Fuente (Elaboración propia).

Parámetros	La Mesa / Cundinamarca		Galapa / Atlántico		Requisitos - NTC 3459	Requisitos - Dec. 2511/2007
	Resultados obtenidos A.LL.	Resultados obtenidos A.P.	Resultados obtenidos A.LL.	Resultados obtenidos A.P.		
Sulfatos	5,0	2,7	2,67	9,0	1000 mg/l <	250 mg/l
Solidos totales	-0,0242	-0,0215	-0,0054	-0,3244	0,05 kg/l <	0,05 kg/L <
Color	11,7	8,3	20	11,7	-	Max. 15
Turbiedad	1,2	2,0	3,37	3,5	-	Max. 2
Nitrito	0,0290	0,0017	0,0085	0,0041	-	Max. 0,1 mg/l
Alcalinidad	0,63	0,31	1,23	0,73	-	Max. 200 mg/l
Dureza	16,0	49,9	16,8	57,5	-	Max. 300 mg/l
Ph	7,37	6,71	8,25	5,85	>5	6< pH <9

Nota: Estos resultados son acorde a los Anexo 3Anexo 4Anexo 5Anexo 6, de los laboratorios de la caracterización de las aguas captadas de la ciudad de Galapa Atlántico de la ciudad de barranquilla y de la Mesa Cundinamarca de la ciudad de Bogotá, realizados en las instalaciones de la Universidad de la costa CUC.

10.2. Análisis de la resistencia a la compresión obtenida.

La tabla 12 y la Tabla 14, muestra los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión de los cubos de morteros del municipio de Galapa y del municipio de la Mesa Cundinamarca respectivamente, con sus valores promediados. En el Anexo 1 Anexo 2 se encuentran los valores obtenidos en los laboratorios realizados de la resistencia a la compresión de los cubos de morteros de ambas ciudades (Galapa Atlántico y La Mesa Cundinamarca) en las instalaciones del laboratorio Seotec S.A.S.

Tabla 12

Resultado de ensayo a la compresión de morteros fabricados con agua de grifo y agua lluvia para morteros del municipio de Galapa - Atlántico. Fuente: (Elaboración propia).

ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MUNICIPIO DE GALAPA ATLANTICO						
ENSAYO (Días)	Resistencia media de agua lluvia (MPa)	Desviación estándar	Coeficiente de variación	Resistencia media de agua potable (MPa)	Desviación estándar	Coeficiente de variación
7	7,67 MPa	0,12	0,02	8,37 MPa	0,14	0,02
14	9,01 MPa	0,18	0,02	10,69 MPa	0,23	0,02
28	11,17 MPa	0,10	0,01	12,25 MPa	0,18	0,01

Fuente: propia del autor

Tabla 13

Clasificación de la desviación estándar según. Fuente: (ACI 214)

CLASIFICACION DE LA DESVIACION ESTANDAR SEGÚN (ACI214, 2011)					
prueba en laboratorios					
Clasificación	excelente	muy bueno	bueno	justo	pobre
Valor	Menor (1,4)	(1,4 a 1,7)	(1,7 a 2,1)	(2,1 a 2,4)	sobre (2,4)

Fuente: propia del autor

Tabla 14.

Resultado de ensayo a la compresión de morteros fabricados con agua de grifo y agua lluvia para morteros del municipio de la Mesa Cundinamarca. Fuente: (Elaboración propia).

ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MUNICIPIO DE LA MESA CUNDINAMARCA						
ENSAYO (Días)	Resistencia media de agua lluvia (MPa)	Desviación estándar	Coficiente de variación	Resistencia media de agua potable (MPa)	Desviación estándar	Coficiente de variación
7	8,66	0,12	0,01	9,53	0,13	0,01
14	10,25	0,12	0,01	11,43	0,14	0,01
28	11,97	0,11	0,01	13,28	0,11	0,01

Fuente: propia del autor

Observando los valores en la Tabla 12 de la resistencia a la compresión máxima de los cubos de mortero del municipio de Galapa - Atlántico a los 28 días con aguas lluvias alcanzo una

resistencia a la compresión de 11,17 MPa y una desviación estándar de 0,10 que según la (ACI214, 2011) se encuentra en un excelente estado ya que según la

Tabla 13 del documento anteriormente citado los valores que se encuentren por debajo de 1,4 tienen una clasificación excelente. La resistencia a la compresión en el cubo de mortero fabricado con el agua de grifo para la fabricación de mortero alcanzó una resistencia promedio de 12,25 MPa, con una desviación estándar de 0,18, teniendo así una clasificación excelente según la

Tabla 13. Un resultado similar se presentó en la investigación realizada por (Galván y Guzmán, 2020), donde a fabricar cubos de mortero confeccionada con agua subterránea y ensayarlos a compresión, se pudo analizar los resultados obtenidos con agua potable, el cual a los 28 días alcanzo una resistencia máxima de 2720 PSI para agua potable (18 MPa) y 2548 PSI para agua subterránea (17,5MPa), de concluirse que en esta investigación el tipo de agua subterránea es apta para el uso de mortero hidráulicos.

Por otro lado de acuerdo a la metodología comparativa que se utilizó en el párrafo anterior en el análisis de la resistencia a la compresión del municipio de Galapa, Atlántico en la Tabla 144 tenemos la resistencia máxima de los cubos de mortero del municipio de la Mesa Cundinamarca a

los 28 días en las aguas lluvias fue de 11,97 MPa, con una desviación estándar es de 0,11 y la resistencia a la compresión en el cubo de mortero fabricado con agua de grifo para la fabricación de mortero alcanzó una resistencia promedio de 13,28 MPa, con una desviación estándar 0,11, ambas desviaciones según la ACI 214 y en la tabla 13, se encuentran en una excelente calificación.

Si observamos el coeficiente de variación en la Tabla 12 y 14 en ambos municipios (Galapa y en la Mesa Cundinamarca), son muy bajos y es mínima la diferencia entre ellas, (0,01% y 0,01%) respectivamente, puede deberse a los controles y el cuidado al momento de captar las aguas lluvias, a la buena relación con respecto a la variación a/c, el buen curado con el tiempo requerido según la norma NTC.220 y al buen manejo para la elaboración del mortero hidráulico para los cubos. La desviación estándar nos permite juzgar el nivel de control en la elaboración y tratamiento de los especímenes y la calidad de los métodos de ensayo.

En la figura 16 y en la Figura 17 tenemos una comparación en forma de gráfico de las resistencia obtenidas en el laboratorio de los municipios de Galapa Atlántico y la Mesa Cundinamarca.

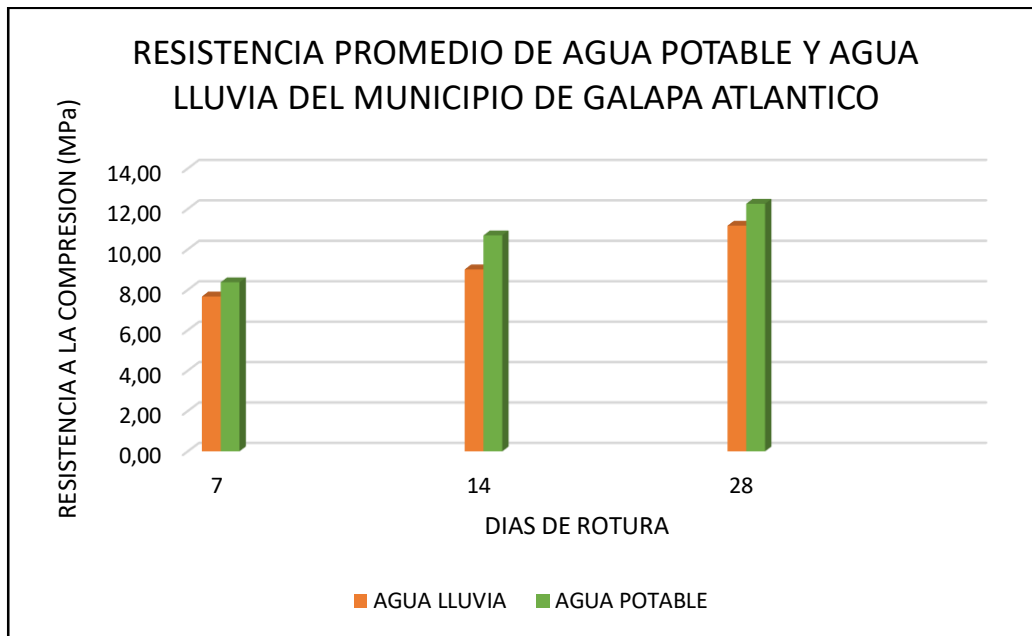


figura 16. Comparación de la resistencia media del agua potable y agua lluvia de la ciudad del municipio de galapa por edad de curado. Fuente: (elaboración propia).

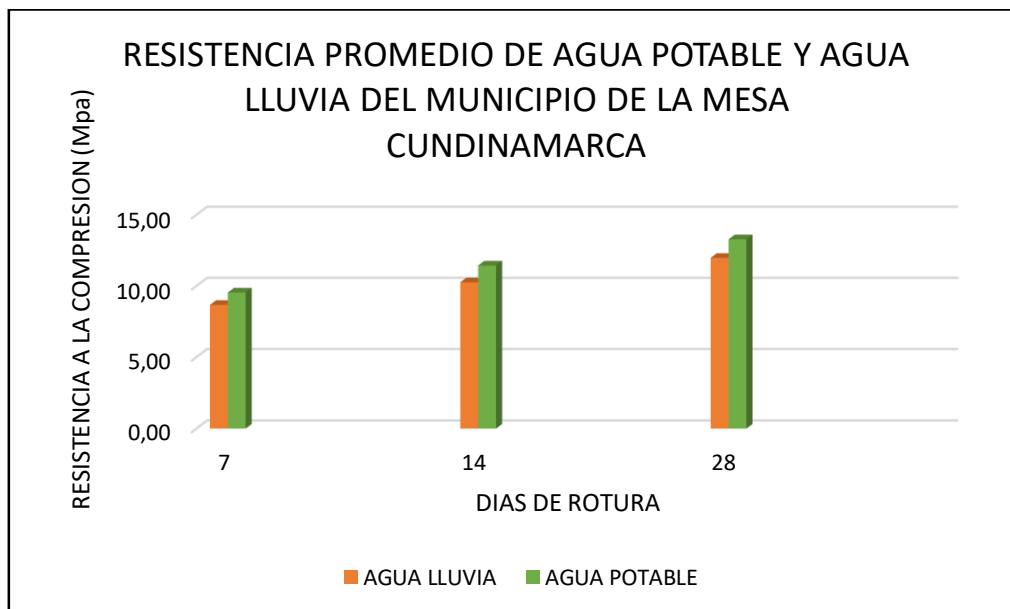


Figura 17. Comparación de la resistencia media del agua potable y agua lluvia del municipio de la mesa Cundinamarca. Fuente: (Elaboración propia)

De acuerdo a los datos obtenidos en resistencia a la compresión de los municipios de Galapa (11,27 MPa) y La Mesa (11,97 MPa) (ver Tabla 12 y Tabla 14) y según la clasificación de mortero en la Tabla 3 por la norma ASTM 270, 2007 podemos deducir que nuestro mortero

confeccionado con las aguas lluvias de Galapa Atlántico y La Mesa Cundinamarca se puede utilizar morteros tipo S, que es un tipo de mortero que su resistencia a la compresión mínima es de 12 MPa, se puede usar en estructuras sometidas a cargas de compresión normales, también puede emplearse como mortero de pega según (NSR-10.TituloD) y debe usarse en aquellos casos en los que el mortero es el único agente de adherencia con la pared, como en el caso de revestimientos cerámicos, (Correa, 2001).

10.2.1. Error porcentual.

$$\text{Error \%} = \frac{\text{Res. agua de grifo} - \text{Res. agua lluvia}}{\text{Res. agua de grifo}} \times 100$$

Tabla 15

Comparación porcentual de la resistencia a la compresión del municipio de Galapa y La Mesa.

Fuente (Elaboración propia).

ERROR PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DÍAS DE GALAPA Y LA MESA	
Galapa	La Mesa
9%	10%

Fuente: propia del autor

Usando la fórmula del error porcentual y los datos obtenidos en las **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**⁴, se obtiene el error porcentual de la resistencia a la compresión del municipio de Galapa Atlántico y de La Mesa Cundinamarca, el cual analizando los resultados obtenidos en el municipio de Galapa Atlántico de la ciudad de Barranquilla y La Mesa Cundinamarca de la ciudad de Bogotá, notamos que hay una variación en los resultados que en el municipio de Galapa Atlántico de la ciudad de Barranquilla es del 9 % y en de La Mesa

Cundinamarca de la ciudad de Bogotá es del 10 %. La diferencia entre las 2 ciudades es del 1 % respectivamente. Este porcentaje en la variación de los resultados obtenidos no es muy amplio, lo que nos dice que podemos usar estos tipos de agua para la fabricación de mortero.

10.3. Influencia de la calidad del agua en la resistencia a la compresión de morteros fabricados

Si bien, los ensayos físico químicos mostrados en la Tabla 11 se observa una diferencia en los valores obtenidos en el color (20 y 11,7) en las aguas lluvias, según el Decreto 2511, del 2007 nos dice que tiene que tener un valor máximo de 15 y en la norma NTC.3459 nos exige que nuestra agua apta para mortero y concreto tiene que tener una apariencia limpia, sin suciedades para el diseño de este mismo. En el pH de las aguas caracterizadas, el cual en el municipio de Galapa Atlántico es mayor con respecto a los valores obtenidos en el municipio de la Mesa Cundinamarca más que todo en las aguas lluvias (8,25 y 7,37), este valor se encuentra entre los estándares exigidos por la NTC.3459 y el Decreto 2511, del 2007. Según la NTC.3459, estos factores hay que tenerlo presente en la caracterización de las aguas a utilizar para la fabricación de morteros y concretos, ya que afectan directamente la resistencia a la compresión de nuestro material, por ejemplo; en el municipio de Galapa Atlántico el pH es más elevado con respecto al del municipio de la Mesa, Cundinamarca y la resistencia a la compresión obtenida de los cubos de mortero en las aguas lluvias fue de (11,27 MPa para Galapa y 11,97 MPa para La Mesa), también puede deberse a las impurezas (presencia de sales, aceites, ácidos) del agua utilizada en la fabricación de los cubos de mortero (NTC.3459). Los sólidos totales en el agua del municipio de Galapa Atlántico, es un poco mayor en comparación con la del municipio de la Mesa Cundinamarca, según Lozano (2018), la presencia de sólidos totales y del pH (agua de mar) en el agua influye en la resistencia a la compresión, en la hidratación del cemento generando así

moléculas diferentes que no le dan la resistencia necesaria al mortero y al concreto. En el municipio de la Mesa Cundinamarca en la ciudad de Bogotá el pH (7,37) no es muy elevado en comparación con los resultados obtenidos del pH (8,25) del municipio de Galapa Atlántico en la ciudad de Barranquilla., sin embargo se nota que las resistencias a los 28 días en el municipio de la Mesa Cundinamarca en la ciudad de Bogotá es mayor (13,28MPa) en comparación con los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión del municipio de Galapa Atlántico en la ciudad de Barranquilla (12,25 MPa).

Por otro lado, se observa que el porcentaje del oxígeno disuelto es un poco mayor en el municipio de la mesa Cundinamarca que en el municipio de Galapa Atlántico, esto puede deberse a que en el lugar de la captación se presenta una mayor turbulencia en los vientos, ya que cerca del lugar donde se captó el agua se encuentra una quebrada en donde habitan animales como peces, armadillo, aves y la mayor parte del oxígeno es absorbido por la atmosfera por su exposición, es por eso los valores mayores obtenidos en el O.D. Universidad complutense de Madrid (UCM), el oxígeno disuelto también nos puede servir como un indicador de contaminación de aguas y es por eso que hay que tener cierto estándares y cuidados con la captación y análisis de agua como lo menciona la (NTC.3459). La turbiedad en el municipio de Galapa Atlántico en la ciudad de Barranquilla es un poco mayor en comparación con los resultados obtenidos del agua tanto de grifo como agua lluvia en el municipio de la Mesa Cundinamarca de la ciudad de Bogotá, la turbiedad es cuando notamos que el agua pierde transparencia, cuanto más sólidos halla en el agua más sucia parecerá (Sáenz., 2018).

11. Conclusiones

- La resistencia a la compresión de los cubos de mortero confeccionados con agua lluvia de los municipios de Galapa Atlántico 11.27 MPa y en La Mesa Cundinamarca fue de 11.97 MPa, el cual se concluye que se puede utilizar aguas lluvias para la fabricación de mortero
- Según la (ASTM270, 2007) podemos utilizar los cubos de mortero confeccionados con aguas lluvias de los municipios de Galapa Atlántico y La Mesa Cundinamarca
- Se elaboraron 48 especímenes de cubos de morteros acorde a los estándares exigidos por la norma (NTC.220) y la (NTC.3459) con 2 tipos de agua diferentes (agua de grifo para mortero y aguas lluvias) siendo el agua de grifo para mortero nuestra referencia y de 2 municipios diferentes (Galapa Atlántico y la Mesa Cundinamarca), el cual se concluyó que puede ser utilizadas para la elaboración de mortero hidráulico, en muros, pañetes, mampostería, divisiones menores y de esta manera podemos contribuir a la disminución del CO₂ que atraviesa nuestro planeta tierra.
- La utilización de las aguas lluvias para la elaboración de morteros hidráulicos no presento una amplia diferencia en las resistencias a la compresión comparadas con nuestra agua de grifo para mortero hidráulicos, para ambas ciudades, estas resistencias no presentan más del 10% en el error porcentual, una diferencia entre los 2 municipios de 1%, siendo así un tipo de agua apta para poder confeccionar morteros hidráulicos con aguas lluvias.
- Según (ACI214, 2011) la desviación estándar en esta investigación está en una calificación excelente y los valores obtenidos son positivos con respecto a la resistencia a la compresión.
- A través de la caracterización de las aguas captadas podemos concluir que los altos índices del pH en el municipio de Galapa Atlántico en la ciudad de Barranquilla (8,25)

comparados con los del municipio de La Mesa Cundinamarca en la ciudad de Bogotá (7,37), son casi cercanos, lo que significa que tiene mayor capacidad para neutralizar sustancias acidas que puedan afectar la confección del mortero y/o concreto, este nivel mayor del pH también puede deberse a que en esta ciudad cuenta con mar, el cual puede ser una influencia para que se den estos niveles altos de pH.

- Este tipo de alternativas y aplicaciones pueden evidenciar la importancia de la generación de proyectos de construcción sostenible y la necesidad de validar científicamente prácticas empleadas habitualmente en el ejercicio de la construcción

12. Referencias

ACI214. (2011). *Guide to Evaluation of Strength Test Results of Concrete*. EU.

ASTM270, O. (2007). Astm-c270-07. *American Society for Testing and Material*, 2-13.

Barrios, L. J. (2019). *ANALISIS DE LA INFLUENCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL ARROYO*. barranquilla.

Correa, R. S. (Diciembre de 2001). La tecnología de los morteros. *Ciencia e ingeniería neogranadina*, 2.

Decreto-2511-Min.ambiente. (2007). *CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO*. Bogota.

Hanna.Instruments. (2018). Importancia de la medida de color en el agua. *Aguas residuaales.info*.

Ideam. (2007). *Generalidades de las aguas lluvias*. BOGOTA. Obtenido de

<http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/generalidades-de-la-lluvia-acida>

IHC. (30 de 05 de 2018). *INGENIERIA HIDRAULICA Y CIVIL* . Obtenido de

<https://ihcsas.com.co/aprovechamiento-aguas-lluvias-colombia/>

INCONTEC.ASTM. (s.f.). *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars*. EU: VOL 4.

Intagri. (2018). *Intagri*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/la-alcalinidad-del-agua-y-su-efecto-en-los-sustratos>

INVE323-13. (2013). *RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRAULICO*. BOGOTA.

Lenntechtratamientodeagua, & p. (s.f.). *Lenntech Tratamiento de agua & purificación*. Obtenido de <https://www.lenntech.es/turbidez.htm>

Lozano, C. E. (2018). *INCIDENCIA DEL PH DEL AGUA DE MEZCLADO EN LA RESISTENCIA A LA*. Bogota.

Maestros. (2018). *A la obra maestros*. Obtenido de <https://maestros.com.co/herramientas-y-equipos/tipos-de-morteros/>

Ministrodevivienda. (2017). *decreto 330 del 2017*. Bogota.

NSR-10.TituloD. (s.f.). *Reglamento colombiano de construccion sismo resistente*. Bogota.

NTC.220. (s.f.). *NORMA TECNICA COLOMBIANA*. BOGOTA: TERCERA ACTUALIZACION.

NTC.3459. (s.f.). *NORMA TECNICA COLOMBIANA*. BOGOTA: ICONTEC.

OMS. (s.f.). *calidad del agua potable*.

Sáenz., A. M. (2018). *Determinación estadística de la influencia de los parámetros del control de calidad del agua e de los municipios de Floridablanca, Girón y Bucaramanga*. Bucaramanga.

Sanchez de Guzman, D. (2001). mortero. *Tecnología del concreto y el mortero*, 349.

UCM, (. c. (s.f.). *Oxígeno disuelto*. Madrid.

Unesco Alice Franek, E. K. (2015). *agua para un mundo sostenible datos y cifras*.

up, B. (7 de 12 de 2017). *Buildup.eu*. Obtenido de

<https://www.buildup.eu/es/explore/links/liderazgo-en-energia-y-diseno-ambiental-leed>

13. Anexos

			ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE AGUA POTABLE Y AGUA LLUVIA DEL MUNICIPIO DE GALAPA ATLANTICO							
Ensayo (Días)	Fecha de elaboración	Ensayo (Días)	Área de presión (mm^2)	Fuerza resistida por el cubo (KN). Aguas lluvias	Fuerza resistida por el cubo (KN). Agua de grifo para mortero	Resistencia (MPa) Agua de grifo para mortero	Resistencia (MPa) agua lluvia	Resistencia promedio agua lluvia (MPa)	Resistencia promedio Agua de grifo para mortero (MPa)	Porcentaje cumplido con respecto al agua patrón
7	16/10/2020	23/10/2020	2500,0	19,60 KN	21,40 KN	8,56 MPa	7,84 MPa			
	16/10/2020	23/10/2020	2500,0	18,90 KN	20,60 KN	8,24 MPa	7,56 MPa	7,67 MPa	8,37 MPa	91,6 %
	16/10/2020	23/10/2020	2500,0	19,20 KN	20,70 KN	8,28 MPa	7,68 MPa			
	16/10/2020	23/10/2020	2500,0	19,00 KN	21,00 KN	8,40 MPa	7,60 MPa			
14	16/10/2020	30/10/2020	2500,0	22,60 KN	26,10 KN	10,44 MPa	9,04 MPa			
	16/10/2020	30/10/2020	2500,0	23,10 KN	27,00 KN	10,80 MPa	9,24 MPa	9,01 MPa	10,69 MPa	84,3 %
	16/10/2020	30/10/2020	2500,0	22,40 KN	27,40 KN	10,96 MPa	8,96 MPa			
	16/10/2020	30/10/2020	2500,0	22,00 KN	26,40 KN	10,56 MPa	8,80 MPa			
28	16/10/2020	13/11/2020	2500,0	28,20 KN	30,70 KN	12,28 MPa	11,28 MPa			
	16/10/2020	13/11/2020	2500,0	27,60 KN	30,50 KN	12,20 MPa	11,04 MPa	11,17 MPa	12,25 MPa	91,2 %
	16/10/2020	13/11/2020	2500,0	27,90 KN	31,20 KN	12,48 MPa	11,16 MPa			
	16/10/2020	13/11/2020	2500,0	28,00 KN	30,10 KN	12,04 MPa	11,20 MPa			

Anexo 1. Valores de resistencia a la compresión del Municipio de Galapa, 2020. Fuente (Elaboración propia).

Anexo 1. Valores obtenidos sobre la resistencia a la compresión del mortero de galapa a 7, 14 y 28 días. Fuente (Elaboración propia).

			ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE AGUA POTABLE Y AGUA LLUVIA DEL MUNICIPIO DE LA MESA CUNDINAMARCA.							
ENSAYO (Días)	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Área de presión (mm ²)	Fuerza resistida por el cubo (KN). Aguas lluvias	Fuerza resistida por el cubo (KN). Agua de grifo para mortero	Resistencia (MPa) Agua de grifo para mortero	Resistencia (MPa) agua lluvia	Resistencia promedio agua lluvia (MPa)	Resistencia promedio Agua de grifo para mortero (MPa)	Porcentaje cumplido con respecto al agua patrón
7	16/10/2020	23/10/2020	2500,0	21,30 KN	24,20 KN	9,68 MPa	8,52 MPa	8,66 MPa	9,53 MPa	91 %
	16/10/2020	23/10/2020	2500,0	21,50 KN	23,50 KN	9,40 MPa	8,60 MPa			
	16/10/2020	23/10/2020	2500,0	22,00 KN	23,60 KN	9,44 MPa	8,80 MPa			
	16/10/2020	23/10/2020	2500,0	21,80 KN	24,00 KN	9,60 MPa	8,72 MPa			
14	16/10/2020	30/10/2020	2500,0	25,50 KN	28,20 KN	11,28 MPa	10,20 MPa	10,25 MPa	11,43 MPa	90 %
	16/10/2020	30/10/2020	2500,0	25,70 KN	28,70 KN	11,48 MPa	10,28 MPa			
	16/10/2020	30/10/2020	2500,0	26,00 KN	29,00 KN	11,60 MPa	10,40 MPa			
	16/10/2020	30/10/2020	2500,0	25,30 KN	28,40 KN	11,36 MPa	10,12 MPa			
28	16/10/2020	13/11/2020	2500,0	29,60 KN	33,40 KN	13,36 MPa	11,84 MPa	11,97 MPa	13,28 MPa	90 %
	16/10/2020	13/11/2020	2500,0	30,10 KN	32,80 KN	13,12 MPa	12,04 MPa			
	16/10/2020	13/11/2020	2500,0	29,80 KN	33,40 KN	13,36 MPa	11,92 MPa			
	16/10/2020	13/11/2020	2500,0	30,20 KN	33,20 KN	13,28 MPa	12,08 MPa			

Anexo 2. Valores obtenidos sobre la resistencia a la compresión del municipio de la mesa Cundinamarca. Fuente (Elaboración propia).

ENSAYO CALIDAD DE AGUAS LLUVIAS GALAPA												
Muestra												
	pH	Temperatura (°C)	conductividad (uS)	OD (%)	Color (Pcu)	Turbiedad (ntu)	Alcalinidad (mg/l)	Dureza (mg/l)	Sulfatos (mg/l)	Nitritos (mg/l)	Solidos totales	DQO
1	8,6	28,8	38,6	1,7	15	3,22	1,5	16,5	2	0,008		
2	8,2	28,9	37,2	1,7	25	3,57	1,5	16,8	3	0,011	-0,0054	
3	7,9	28,9	38	1,7	20	3,31	0,7	17	3	0,006		

Anexo 3. Caracterización de las aguas lluvias de la ciudad de Barranquilla. Fuente: (Elaboración propia)

ENSAYO CALIDAD DE AGUAS POTABLE GALAPA												
Muestra												
	pH	Temperatura (°C)	conductividad (uS)	OD (%)	Color (Pcu)	Turbiedad (ntu)	Alcalinidad (mg/l)	Dureza (mg/l)	Sulfatos (mg/l)	Nitritos (mg/l)	Solidos totales	DQO
1	5,82	29	35,6	1,2	10	3,5	0,7	60	9	0,01		
2	5,78	28,6	33,4	1,4	15	3,46	0,78	55	10	0,0013	-0,3244	
3	5,96	28,8	36,5	1,38	10	3,6	0,7	53.5	8	0,0011		

Anexo 4. Caracterización de agua apta para mortero del municipio de galapa atlántico en la ciudad de Barranquilla. Fuente: (Elaboración propia)

Muestra	ENSAYO CALIDAD DE AGUAS LLUVIAS "BOGOTA"											
	pH	Temperatura (°C)	conductividad (uS)	OD (%)	Color (Pcu)	Turbiedad (ntu)	Alcalinidad (mg/l)	Dureza (mg/l)	Sulfatos (mg/l)	Nitritos (mg/l)	Solidos totales	DQO
1	7,4	22	142,7	2,2	5	1,17	0,7	16	5	0,03		
2	7,2	20	144,1	2,4	25	1,17	0,5	12	5	0,034	-0,0242	
3	7,5	21	143,8	2,4	5	1,14	0,7	20	5	0,023		

Anexo 5. Caracterización de las aguas lluvias del municipio de la mesa Cundinamarca. Fuente: (Elaboración propia).

Muestra	ENSAYO CALIDAD DE AGUAS POTABLE "BOGOTA"											
	pH	Temperatura (°C)	conductividad (uS)	OD (%)	Color (Pcu)	Turbiedad (ntu)	Alcalinidad (mg/l)	Dureza (mg/l)	Sulfatos (mg/l)	Nitritos (mg/l)	Solidos totales	DQO
1	6,7	20	71,9	2,5	15	1,97	0,3	50	5	0,001		
2	6,77	21	70,2	2,5	5	2,1	0,3	49,8	0	0,002	-0,0215	
3	6,66	20	73,3	2,6	5	1,99	0,32	50	3	0,002		

Anexo 6. Caracterización de agua apta para mortero del municipio de la mesa Cundinamarca. Fuente: (Elaboración propia)

		
---	---	---

Certificado De Calibración

CERTIFICATE OF CALIBRATION

NUMERO : E-735-20
Number

LABORATORIO EMISOR <small>Issuing Laboratory</small> DIRECCIÓN <small>Address</small> LABORATORIO : <small>Laboratory</small> INSTRUMENTO : <small>Instrument</small> FABRICANTE : <small>Manufacturer</small> MODELO : <small>Model</small> NUMERO DE SERIE : <small>Serial number</small> CÓDIGO INTERNO DEL EQUIPO <small>Internal Device Code</small> RANGO DE MEDICIÓN : <small>Measurement Range</small> SOLICITANTE : <small>Customer</small> DIRECCIÓN : <small>Address</small> PLANTA : <small>Plant</small> CIUDAD : <small>City</small> SITO DE CALIBRACIÓN <small>Calibration site</small> FECHA DE CALIBRACIÓN : <small>Date of Calibration</small> FECHA DE EMISIÓN : <small>Date of Issue</small> NUMERO DE PÁGINAS INCLUYENDO ANEXOS : <small>Number of Pages and Documents Attached</small>	SIMIM METROLOGIA S.A.S. CARRERA 96C No. 20A - 25 TELEFONOS: 5486944 BOGOTÁ D.C. FUERZA ANDRÉS RAMÍREZ VALENCIA SERVINGTEST 1000AN 45724 MANI-PHE-3D-LCS-1 140,0 MM A 700,0 MM SEOTEC SAS CALLE 33 # 30 - 36 NO APUCA BARRANCUELLA LABORATORIO 2020-06-25 2020-07-01 CUATRO (4)
--	--

Este certificado expresa fielmente el resultado de las medicaciones realizadas. No podrá ser reproducido total o parcialmente excepto cuando se haya otorgado previamente autorización por escrito de SIMIM METROLOGIA S.A.S.

This certificate (report) is an accurate record of the performed measurements results. This certificate may not be partially or totally reproduced, except with the prior written authorization of SIMIM METROLOGIA S.A.S.

Los resultados contenidos en el presente certificado (informe) se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las medicaciones. SIMIM METROLOGIA S.A.S. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.

The results of this certificate (Report) refer to the moment and conditions in which the measurements were made. SIMIM METROLOGIA S.A.S. assumes no responsibility for any ensuing damage to be caused by the calibrated instruments.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.

The user is responsible for having his instruments calibrated at appropriate intervals.

FIRMAS AUTORIZADAS:
Authorized signatories


ANDRÉS RAMÍREZ VALENCIA
JEFE DE CALIDAD
 Revisado por - Checked by:

F-1M-25-TEC-05

Página 1 de 4

a 96C No. 20A - 25 * Tels.: 548 6949 - 548 6951 * Cel.: 320 343 6811 * gerencia.simim@gmail.com Bogotá
 www.simimetrologia.com.co

Anexo 7. Certificado de calibración de la maquina en el laboratorio Seotec S.A.S.

USO DE AGUAS LLUVIAS PARA LA FABRICACIÓN DE MORTEROS

76

	DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO DE CEMENTO HIDRAULICO EN CUBOS DE 50mm NORMA NTC 220

Fecha: viernes, 13 de noviembre de 2020
 Cliente: JOSEER SANCHEZ CHAVEZ
 Obra: ESTUDIANTE INGENIERIA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC
 Descripción: INFLUENCIA DEL USO DE AGUA LLUVIA DE LA CIUDAD DE BOGOTA Y BARRANQUILLA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTEROS HIDRAULICOS FABRICADOS

MUESTRA No.	IDENTIFICACION	Fecha de moldeado	Fecha de rotura	Edad en días	Carga de Rotura (KN)	Área del Cubo (cm ²)	Resistencia				Fallas
							(N)	kg/cm ²	psi	(MPa)	
1	DISEÑO AGUA POTABLE BARRANQUILLA	16-oct-20	23-oct-20	7	21,4	25,0	21400,0	87,3	1245,9	8,56	columnar
2			23-oct-20	7	20,6	25,0	20600,0	84,6	1200,3	8,24	coria
3			23-oct-20	7	20,7	25,0	20700,0	84,4	1206,2	8,26	coria
4			23-oct-20	7	21,0	25,0	21000,0	85,7	1223,6	8,40	columnar
5	DISEÑO AGUA POTABLE BARRANQUILLA	16-oct-20	30-oct-20	14	26,1	25,0	26100,0	106,5	1520,8	10,44	coria
6			30-oct-20	14	27,0	25,0	27000,0	110,1	1573,3	10,80	columnar
7			30-oct-20	14	27,4	25,0	27400,0	111,3	1595,6	10,96	columnar
8			30-oct-20	14	26,4	25,0	26400,0	107,7	1538,3	10,56	columnar
9	DISEÑO AGUA POTABLE BARRANQUILLA	16-oct-20	13-nov-20	28	30,7	25,0	30700,0	125,2	1788,8	12,28	coria
10			13-nov-20	28	30,6	25,0	30600,0	124,6	1777,2	12,20	coria
11			13-nov-20	28	31,2	25,0	31200,0	127,3	1818,0	12,48	columnar
12			13-nov-20	28	30,1	25,0	30100,0	123,6	1753,9	12,04	coria

DOSIFICACION	
CEMENTO (ARGOS)	3,94567 Kg
ARENA	10,85 Kg
AGUA POTABLE BARRANQUILLA	1914 cc
RELACION AGUA CEMENTO	0,48

Servicios Técnico y Soluciones del Caribe S.A.S
 Nit 901.278.129-3



OBSERVACIONES:

 LABORATORISTA	 COORDINADOR DE AREA
--	--

ESTE DOCUMENTO SOLO ES VALIDO CON FIRMA Y SELLO

Anexo 8. Resultado de laboratorio de la resistencia a la compresión basado en la norma (NTC.220) de la ciudad de barranquilla

USO DE AGUAS LLUVIAS PARA LA FABRICACIÓN DE MORTEROS



SEOTEC S.A.S.
LABORATORIO

DETERMINACION DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO DE CEMENTO HIDRAULICO EN CUBOS DE 95mm
NORMA NTC 220

Fecha: viernes, 13 de noviembre de 2020

Cliente: JOSEER BANCHEZ CHAVEZ

Obra: ESTUDIANTE INGENIERIA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC

Descripción: INFLUENCIA DEL USO DE AGUA LLUVIA DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ Y BARRANQUILLA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTEROS HIDRAULICOS FABRICADOS

MUESTRA No.	IDENTIFICACION	Fecha de moldeado	Fecha de rotura	Edad en días	Carga de Rotura (KN)	Area del Cubo (cm²)	Resistencia				Falla
							(N)	kg/cm²	psi	(MPa)	
1	DISEÑO AGUA POTABLE BOGOTÁ	16-oct-20	23-oct-20	7	24,2	25,0	24200,0	96,7	1410,1	9,68	columnar
23-oct-20			7	23,5	25,0	23900,0	95,9	1399,3	9,40	corte	
23-oct-20			7	23,6	25,0	23900,0	95,2	1375,1	9,44	columnar	
23-oct-20			7	24,0	25,0	24000,0	97,0	1398,4	9,60	corte	
5	DISEÑO AGUA POTABLE BOGOTÁ	16-oct-20	30-oct-20	14	28,2	25,0	28200,0	112,8	1643,2	11,28	corte
30-oct-20			14	28,7	25,0	28700,0	117,1	1672,3	11,48	columnar	
30-oct-20			14	29,0	25,0	29000,0	116,0	1689,8	11,60	corte	
30-oct-20			14	28,4	25,0	28400,0	113,6	1654,8	11,36	columnar	
9	DISEÑO AGUA POTABLE BOGOTÁ	16-oct-20	13-nov-20	28	33,4	25,0	33400,0	133,6	1946,2	13,36	corte
13-nov-20			28	32,8	25,0	32800,0	131,2	1911,2	13,12	columnar	
13-nov-20			28	33,4	25,0	33400,0	133,6	1946,2	13,36	corte	
13-nov-20			28	33,2	25,0	33200,0	132,8	1934,5	13,28	corte	

DOSIFICACION	
CEMENTO (ARGOS)	3,94667 Kg
ARENA	10,85 Kg
AGUA POTABLE BOGOTÁ	1,914 cc
RELACION AGUA CEMENTO	0,48

Servicios Técnico y Soluciones del Caribe S.A.S

Nit: 901.278.129-3



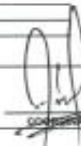
SEOTEC S.A.S.
LABORATORIO

SUBIO CUBIENNO Asiatu

OBSERVACIONES:



LABORATORISTA



COORDINADOR DE AREA

ESTE DOCUMENTO SOLO ES VALIDO CON FIRMA Y SELLO

Anexo 9. Resultado de laboratorio de la resistencia a la compresión basado en la norma (NTC.220) del municipio de la mesa Cundinamarca en la ciudad de Bogotá.

ÁREA USADA 91.7%
1000 1200

INTER RAPIDISIMO S.A.
NIT: 800251569-7
Servicio: Mensajería
Cód. postal: 082001

DESTINO: GALAPA\ATLA\COL
CARLOS ANDRES NAVIA
CL 7 A # 60 D - 33 CJUNTO VILLA OLIMPICA
3195667787

REMITENTE: JOISER SANCHEZ
CC 1143442312
CRA 22 A # 9-25 RINCON SANTO
3164999791
LA MESA\CUNDI\COL

PARA SEGUIMIENTO: 700041175180

DESPACHOS: Casilleros → BOG 69 1 BQA 22 91 Puertas

DATOS DEL ENVÍO: Tipo de Envío: PAQUETE FOLIO ENDO Tipo Servicio: Mensajería Vir Comercial: \$ 12.500.00 Piezas: 1 No. Bolsa: 2 Peso x Vol.: Peso en Kilos: 2 Dize Contener RECIPIENTE DE PLASTICO Forma de pago: CONTADO

LIQUIDACIÓN: Valor Flete: \$ 13.950.00 Valor sobre flete: \$ 250.00 Vir otros conceptos: \$ 0.00 Valor total: \$ 14.200.00

PRUEBA DE ENTREGA: Fecha y Hora de Admisión: 04/09/2020 17:03 Tiempo estimado de entrega: 08/09/2020 18:00 No. 700041175180 Guía de Transporte Servicio: Mensajería

DESTINO: GALAPA\ATLA\COL
CARLOS ANDRES NAVIA
CL 7 A # 60 D - 33 CJUNTO VILLA OLIMPICA
3195667787

REMITENTE: JOISER SANCHEZ
CC 1143442312 / Tel: 3164999791
LA MESA\CUNDI\COL

PARA SEGUIMIENTO: 700041175180

REMITENTE: JOISER SANCHEZ
CC 1143442312 / Tel: 3164999791
LA MESA\CUNDI\COL

PARA: CARLOS ANDRES NAVIA
CL 7 A # 60 D - 33 CJUNTO VILLA OLIMPICA
3195667787

RECIBIDO POR:

GESTIÓN DE ENTREGA O DEVOLUCIÓN:
1-Entrega exitosa 3-Unión errada 5-Rehusado 5-Otros
2-Desconocido 4-No Recibo 6-No Rescibe

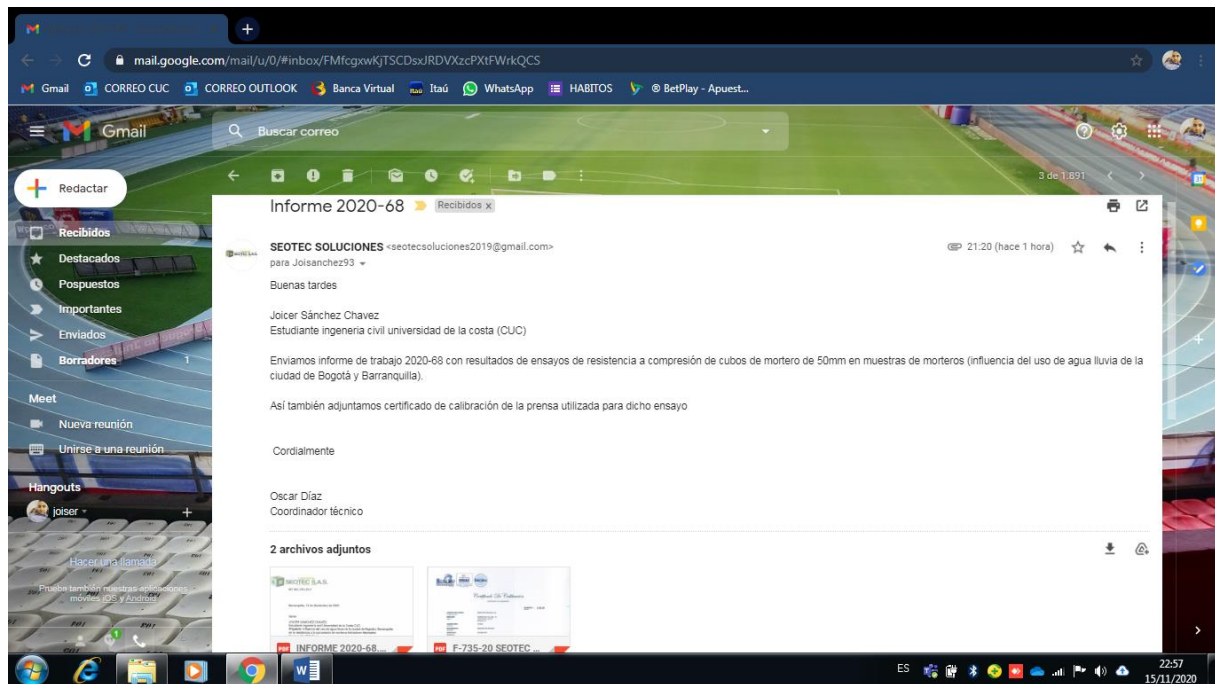
No. Gestión: Fecha del Intento de Entrega: Año: Mes: Día: Hora: Min: Seg: No. Gestión: Fecha del Intento de Entrega: Año: Mes: Día: Hora: Min: Seg:

Observaciones:

Anexo 10. Envío de agua apta para mortero y agua lluvia desde la ciudad de Bogotá a Barranquilla



Anexo 11. *Empacado y embalaje de la captación de los 2 tipos de agua del municipio de la mesa desde la ciudad de Bogotá*



Anexo 12. *Envío de informes por parte de laboratorios Seotec S.A.S.*

